

# unterrichtspraxis

Beilage zu „bildung und wissenschaft“

der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft Baden-Württemberg

## BIOLOGIEDIDAKTIK

### Lebenszyklen begreifen – Wie aus einem Samen viele werden

Pflanzen werden in ihrer Bedeutung für menschliches Leben häufig unterschätzt. Im folgenden Beitrag werden nach der Klärung des fachwissenschaftlichen Hintergrunds Begründungen und Ideen für forschend-entwickelnden Unterricht zum pflanzlichen Entwicklungszyklus präsentiert.

#### Einleitung

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ist eine wichtige Aufgabe von Schule und entsprechend in den Bildungsplänen bundesweit als Querschnittskompetenz ausgewiesen: Schüler\*innen sollen befähigt werden, ihre Zukunft aktiv mitzugestalten, sodass künftigen Generationen dieselben Lebensmöglichkeiten erhalten bleiben. Wissen über ökologische Zusammenhänge ist neben Ökonomie und Sozialem eine der drei tragenden Säulen der BNE. Kreisläufe spielen beim Verständnis dieser Zusammenhänge eine zentrale Rolle. Sie sind konstituierendes Prinzip der lebendigen Welt. So verbinden Stoffkreisläufe Ökosysteme; Stoffwechselfvorgänge wie z. B. Zellteilung, Atmung und Photosynthese beruhen auf Kreislaufprozessen.

Auch Lebewesen entwickeln sich zyklisch. Ein Organismus durchläuft bei seiner Entwicklung die gleichen Stadien wie die vorherige und die nachfolgende Generation. Kreisläufe sind Denkmodelle, die sich bewährt haben, um komplexe Lebenszyklen vereinfacht darzustellen. Pflanzliche Entwicklungszyklen spielen eine zentrale Rolle für menschliches Leben: Pflanzen



Foto: imago

Kindern kosten die Ernte.

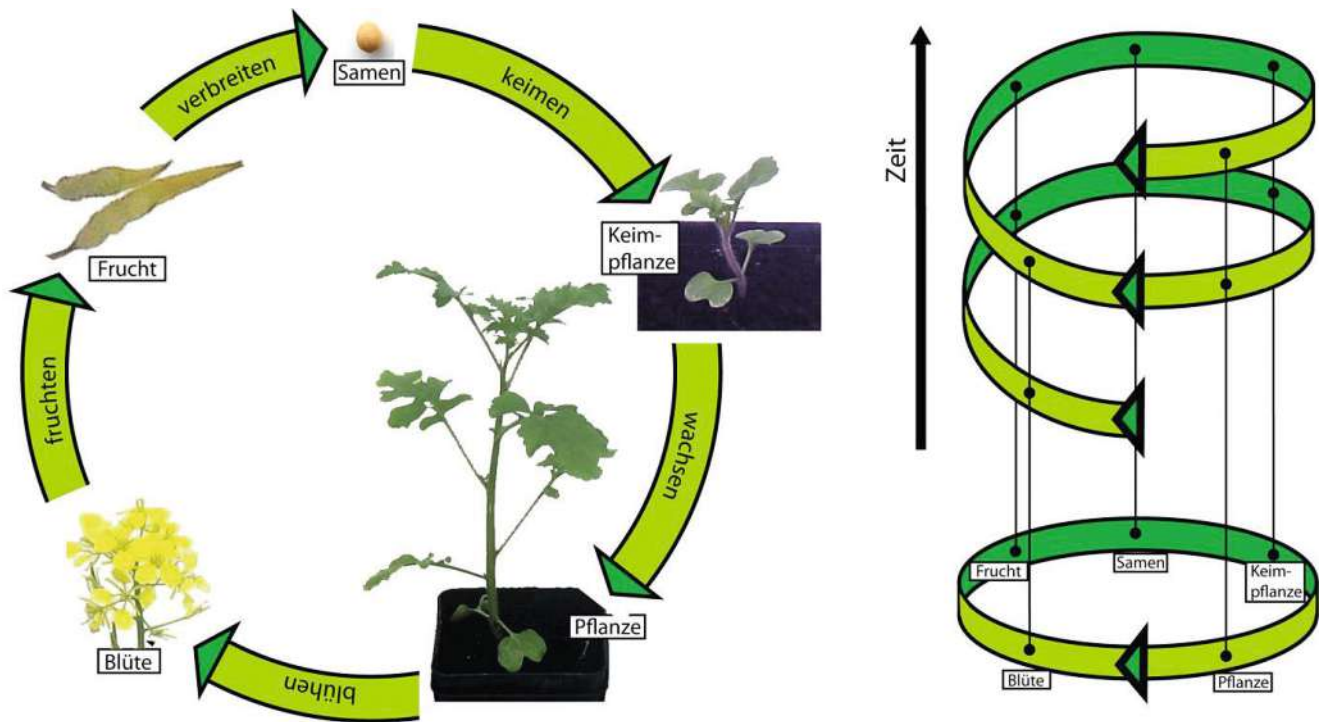
produzieren lebensnotwendigen Sauerstoff, sie liefern die Nahrungsgrundlage für Menschen und Tiere.

Themen wie Arten- und Sortenvielfalt, biologischer Anbau von Nutzpflanzen passend zur Region und Saison, Saatgutproduktion, Pflanzenschutzmittel sowie gentechnische Veränderungen sind nur zu verstehen, wenn die

Grundprinzipien der pflanzlichen Entwicklung erfasst wurden.

#### Der pflanzliche Entwicklungszyklus – Vom Samen zum Samen

Zu den samenbildenden Pflanzen gehören alle Blütenpflanzen, z. B. Gräser, krautige Pflanzen, Wasserpflanzen und Gehölze. Nicht samenbildende Pflanzen



Grafik: Dorothee Benkowitz

Abb.1: Darstellung des Entwicklungszyklus einer einjährigen Senfpflanze als Kreislauf (links) und als in der Zeit gedehnte Spirale (rechts) (aus: Benkowitz/Lehnert 2009, 32)

wie Bärlappe, Moose und Farne sowie deren sehr spezielle, noch an Wasser gebundene Entwicklungszyklen werden hier nicht weiter berücksichtigt.

Am Anfang und Ende des Kreislaufs einer Blütenpflanze stehen die Samen. Streng genommen handelt es sich hierbei aber nicht um einen Kreislauf, sondern um eine in der Zeit gedehnte Spirale, denn die Samen am Ende des Zyklus sind nicht dieselben Individuen wie am Anfang (Abb. 1).

Je nachdem, ob die Samenanlage offen auf einem Samenschuppen liegt, wie z. B. bei Nadelbäumen, oder von einem Fruchtknoten umschlossen wird, sprechen wir von Nackt- oder Bedecktsamern. Die Bedecktsamer lassen sich in einkeimblättrige, z. B. Gräser, Lilien- oder Narzissengewächse, und zweikeimblättrige Pflanzen unterteilen.

Die folgende Beschreibung des Entwicklungszyklus bezieht sich auf zweikeimblättrige Pflanzen, da sie den größten Teil der Blütenpflanzen in unseren Breiten ausmachen. Als Ausgangspunkt des Zyklus wird meist der Samen gewählt. Der im Samen befindliche pflanzliche Embryo ist bereits in Wurzel, Spross und Keimblätter unterteilt. Unter optimalen äußeren Bedingungen

(z. B. Wasser, Temperatur, Licht, Sauerstoff), die je nach Art sehr unterschiedlich sein können, beginnt der Samen durch Wasseraufnahme zu quellen. Die Samenschale reißt, die austretende Keimwurzel verankert den Samen im Boden und versorgt ihn mit Wasser. Dies ist ein kritisches Moment im pflanzlichen Wachstum: Wenn jetzt nicht genügend Wasser zur Verfügung steht, stirbt die Pflanze ab. Nach der Keimwurzel schiebt sich der Spross aus der Samenschale, der die beiden Keimblätter trägt. Die Keimblätter entfalten sich meist über der Erde und zeigen dabei eine sehr viel einfachere Gestalt als die folgenden Blätter. Die Pflanze beginnt nun mit Hilfe ihrer grünen Blattfarbstoffe (Chlorophyll) und Mineralsalzen aus dem Boden ihre eigenen Nährstoffe herzustellen (Fotosynthese). Sie bildet weitere Blätter und durchläuft nach dem Abfallen der Keimblätter eine Phase des Streckungswachstums, bevor – durch unterschiedliche Faktoren wie z. B. Licht, Temperatur und Hormone ausgelöst – Knospen gebildet werden. Aus diesen entfalten sich die Blüten, die meistens sowohl männliche (Staubblätter mit Pollen) als auch weibliche Teile (Stempel, bestehend aus Narbe,

Griffel und Fruchtknoten) besitzen. Es gibt auch Pflanzen, die rein weibliche und rein männliche Blüten aufweisen, wie z. B. Kürbisse oder Zucchini. Dies bezeichnet man als einhäusig – beide Geschlechter „wohnen“ in einem Haus, aber in unterschiedlichen Blüten. Bei zweihäusigen Pflanzen sind die rein männlichen und rein weiblichen Blüten getrennt auf zwei unterschiedlichen Pflanzen, z. B. bei der Roten und Weißen Lichtnelke.

Wind, Wasser oder bestäubende Insekten tragen den Pollen (Blütenstaub) von einer zur nächsten Blüte. Durch auffällige Farben oder Nektarangebote werden die Insekten angelockt. Windbestäubte Pflanzen haben daher häufig kleine, unauffällige Blüten. Nach der Bestäubung, bei der Pollen vom Staubblatt einer Pflanze auf die Narbe des Stempels einer anderen übertragen wird, um genetische Variation zu gewährleisten, wächst der Pollenschlauch aus. Über diesen gelangt eine Spermazelle zur Eizelle, die nach der Befruchtung zum pflanzlichen Embryo heranwächst. Eine weitere Spermazelle verschmilzt mit zwei Polkernen zum Nährgewebe für den Embryo (doppelte Befruchtung). Die Kelch- und Blütenblätter

verwelken und fallen ab. Der Embryo wird von einem Nährgewebe umgeben und als meist von einer Frucht umhüllter Samen abgeworfen bzw. vom Wind, durch Wasser oder Tiere verbreitet. Der Kreislauf beginnt von Neuem.

### **Schüler\*inneninteresse und vorunterrichtliche Vorstellungen**

Das Interesse von Schüler\*innen an Pflanzen nimmt laut vorliegenden Studien mit zunehmendem Alter ab: Während Grundschulkindern noch großes Interesse an Pflanzen haben, wird dieses im Laufe der Schulzeit zunehmend geringer (Gebhard 2013, 197f). Dass Pflanzen im Allgemeinen nicht so viel Aufmerksamkeit geschenkt wird wie z. B. Tieren, liegt unter anderem an dem als *plant blindness* bezeichneten Phänomen (Wandersee/Schussler 2001): Das Wissen über Tiere ist bei den meisten Menschen größer als das über Pflanzen. Das liegt einerseits am fehlenden direkten Kontakt, aber auch daran, dass Pflanzen einen geringen Signalwert haben. Sie werden als harmlos eingeschätzt, da nur in Ausnahmefällen der direkte Kontakt zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung führt, wie z. B. bei Brennesseln oder beim Riesenbärenklau. Diese sind folglich vielen Menschen bekannt. Da Pflanzen zu großen Teilen aus grünen Blättern bestehen, wirken sie wie eine homogene grüne Hintergrundkulisse. Nur auffällig gefärbte, große Blüten erregen unsere Aufmerksamkeit. Da sich pflanzliche Wachstumsbewegungen sehr langsam vollziehen und zumeist nicht ohne Weiteres erkennbar sind, wirken Pflanzen unbeweglich. Unser Gehirn arbeitet jedoch als „Differenz-Detektor“ und benötigt zur bewussten Wahrnehmung räumliche, zeitliche oder farbliche Unterschiede. Aus diesem Grund werden Pflanzen häufig übersehen (Wandersee/Schussler 2001, 3).

Durch Studien konnte belegt werden, dass die Art des Unterrichts einen entscheidenden Einfluss darauf hat, ob Schüler\*innen Interesse an Pflanzen entwickeln oder nicht: Je häufiger das Lernen im lebensweltlichen Kontext stattfand, desto interessierter waren die Schüler\*innen an Pflanzen (Goller 2002, 135).

Weitere Studien haben gezeigt, dass das Verständnis von pflanzlichen

Kreisläufen bei Schüler\*innen Defizite aufweist (Benkowitz/Lehnert 2009). Es gibt viel Einzelwissen, das nicht zu einem Konzept verbunden ist. So reicht es nicht aus, das Prinzip des Zyklus verbal zu beschreiben, es muss auch an echten Pflanzen (wieder-) erkannt werden. Sonst kann man davon ausgehen, dass es sich um sog. träges Wissen handelt, auswendig Gelerntes, das nicht transferfähig ist und somit zum Lösen von Problemen nicht herangezogen werden kann.

In mehreren Untersuchungen wurden insgesamt 170 Schüler\*innen unterschiedlicher Altersstufen (Klasse eins bis acht) sowie 40 Studierende unterschiedlicher Studienrichtungen ge-

begründen als Schüler\*innen ohne eigene Erfahrungen.

Besonders die Einordnung der Samen stellte für viele Proband\*innen eine Hürde dar: Statt sie sowohl dem Anfang und als auch dem Ende der Reihe zuzuordnen, stellten mehr als die Hälfte aller Testpersonen einen Samen gefolgt von vielen Samen an den Anfang der Reihe. Einzelne begründeten die Reihung mit Aussaaterfahrungen („erst wird ein Samen gesät, es wächst nichts, dann werden nochmals viele ausgesät“). Dies wurde als korrekte Antwort gewertet. Die meisten konnten aber keine Begründung für die gewählte Reihenfolge angeben bzw. äußerten, die Reihe „intuitiv“ – „aus dem Bauchgefühl



Foto: imago

*Beobachten als eine biologische Arbeitsweise erlernen.*

ten, getopfte Pflanzen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien, inklusive Samen, in eine zeitliche Reihenfolge zu bringen. Anschließend sollten sie ihr Vorgehen begründen. Von den insgesamt 210 Befragten konnten zwei Prozent in Klasse eins, 10 Prozent in Klasse sechs, 17 Prozent in Klasse acht und etwa 40 Prozent der Studierenden die Aufgabe richtig lösen und sinnvoll begründen. Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Lösen der Aufgabe, dem Alter sowie Erfahrungen mit dem Aussäen. Wer selbst schon einmal Pflanzen ausgesät hatte, konnte die Aufgabe besser lösen und das Vorgehen besser

heraus“ – so gestellt zu haben und selbst unsicher zu sein, ob dies „richtig“ sei. Einige gaben an, dass Samen sich vermehren könnten, und so aus einem Samen viele werden. Die Rolle der Pflanze blieb dabei unberücksichtigt. Grundschulkindern begründeten die Reihung über die Menge: „Ein Samen ist weniger als viele, muss somit „jünger“ sein“.

Auf die Frage, woher man neue Pflanzen bekommen könnte (Mehrfachantworten), nannten viele der Befragten, dass man Pflanzen aus Samen ziehen könnte bzw. Samen kaufen müsste. Einzelne zählten eher vegetative Vermehrungsmöglichkeiten auf, wie „eine

Zwiebel pflanzen“, „einen Ableger machen“ oder „eine Pflanze ausgraben“. Während bei den Studierenden das Kaufen von Samen im Vordergrund stand, gaben die Schüler\*innen häufiger das Entnehmen von Samen aus Pflanzen an. Eigene Erfahrungen spielten auch hier eine entscheidende Rolle. Viele der Proband\*innen konnten nicht mit Sicherheit angeben, woher Samen von Pflanzen stammen. Abhängig vom Alter und eigenen Erfahrungen mit dem Aussäen von Samen wussten Schüler\*innen zwar, dass man Samen in die Erde legt und gießt, um eine neue Pflanze zu ziehen, aber der genaue Entstehungsort von Samen konnte nicht benannt werden. Als Entstehungsorte wurden häufig die Blüte, aber auch die Wurzel und die Frucht genannt. Die Frucht wurde nur von einem kleinen Teil der Studierenden als Entstehungsort angegeben. Grundschul Kinder gaben an, Samen kämen aus der Erde. Mindestens zehn Prozent jeder Gruppe konnte zur Herkunft von Samen gar keine Angaben machen. Für viele der Befragten hatten Pflanzen Blüten nur, damit sie schön aussehen oder damit Insekten Nahrung finden. Es lässt sich feststellen, dass der Vorgang der Bestäubung und Befruchtung offensichtlich nicht gut verstanden worden ist: Die beiden Begriffe werden häufig synonym verwendet, Unterschiede können nicht erklärt werden. Ebenso werden Begriffe wie Blütenstaub, Pollen, Nektar, Frucht und Samen verwechselt. Antworten wie z. B. „Bienen sammeln Honig“ geben Hinweise auf unverständliche Zusammenhänge. Die Fachbegriffe sind allerdings im Deutschen auch nicht gut voneinander abgegrenzt: So wird der Begriff „Samen“ in der Zoologie für das Spermium, d. h. eine einzige männliche Geschlechtszelle, verwendet, während in der Botanik die Verbreitungseinheit mit dem kompletten Embryo, d. h. Hunderten von Zellen, gemeint ist. Unter „Frucht“ versteht man im Allgemeinen etwas Süßes, z. B. Obstsorten. Botanisch gesehen ist eine Frucht eine Blüte im Zustand der Samenreife – sie kann somit auch alles andere als süß und saftig sein. Auffällig viele der Testpersonen mit Verständnis für den pflanzlichen



Foto: Dorothee Benkowitz

Abb. 2: Radieschen blühend und fruchtend.

Entwicklungszyklus gaben an, einen eigenen Garten sowie eigene Erfahrungen mit dem Säen und Ernten von Samen zu haben. Hieraus lässt sich ableiten, dass erfahrungsbasiertes Lernen einen wichtigen Einfluss hat.

### **Begründungen und Ideen für den Unterricht**

#### **Problemorientierung am Beispiel Pflanzen**

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht hat sich das Konzept des forschend-entwickelnden Unterrichts als besonders furchtbar erwiesen. Ausgehend von einem beobachteten Phänomen entwickeln die Schüler\*innen eigene Fragestellungen (Meisert 2019, 245). Vor allem Phänomene, die einerseits aus dem Alltag Bekanntes, andererseits Unverstandenes enthalten, sind ein guter Ausgangspunkt für problemorientierten Unterricht (a.a.O.). Die Kompetenz, aus eigenen Beobachtungen Fragen zu entwickeln, muss im Unterricht angebahnt und geübt werden. Der pflanzliche Entwicklungszyklus ist ein solches Phänomen aus der Lebenswelt der Schüler\*innen, das Bekanntes und Unverstandenes enthält: Dass aus Samen Pflanzen wachsen, wissen fast alle. Wo aber die Samen genau entstehen, wird von vielen nicht verstanden. Zu Beginn kann daher z. B. die Frage gestellt werden, woher eigentlich pflanzliche Samen stammen. Zunächst

werden dazu Hypothesen gebildet, an welchem Ort Samen von Pflanzen entstehen könnten – in der Erde, in bestimmten Teilen der Pflanze etc. Die Vermutungen werden schriftlich an der Tafel gesammelt und in einem „Forschertagebuch“ festgehalten. Das „Forschertagebuch“ kann auch digital geführt werden, sodass jederzeit Fotos oder Zeichnungen der sich entwickelnden Pflanzen eingefügt werden können. Die Beobachtung könnte von den Schüler\*innen ebenso zuhause durchgeführt werden. Steht ein (Schul-)Garten zur Verfügung, können authentische eigene Erfahrungen mit dem Basiskonzept von Kreisläufen an vielfältigen Beispielen beobachtet und somit verdeutlicht werden. Bereits in der Grundschule können Samen ausgesät, deren Entwicklung beobachtet und gezeichnet werden. Bedeutsam ist es, am Ende wieder Samen zu ernten, damit der Kreislauf verstanden wird. Im Laufe der Unterrichtseinheit können viele verschiedene biologische Arbeitsweisen eingesetzt werden:

- Experimente zu Keimbedingungen,
- Beobachten und Betrachten mit Lupe und Mikroskop,
- Vergleichen und Ordnen von Verbreitungseinheiten (Diasporen) u. v. a.

Das Thema eignet sich sehr gut für den Einsatz digitaler Medien zur Veranschaulichung von verborgenen Vorgängen. So könnten die Schüler\*innen

Erklärvideos mit eigenen Zeichnungen oder Fotografien einer Pflanze in allen Entwicklungsstadien vom Samen zum Samen anfertigen. Zeitraffer können Vorgänge beschleunigen, sodass bis dahin unscheinbare Pflanzenbewegungen sichtbar werden. Mithilfe von Augmented Reality (computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung) könnten bspw. die Vorgänge der Samenkeimung im Boden oder die Befruchtung sichtbar gemacht werden.

### Die Wahl der Pflanze

Der Wahl der zu beobachtenden Pflanze kommt eine entscheidende Rolle zu. Besonders gut zum Beobachten geeignet sind einjährige Blütenpflanzen, d. h. Pflanzen, die in einer Wachstumsperiode von z. B. März bis Oktober ihren vollständigen Zyklus vom Samen zum Samen abgeschlossen haben. Die Blüte sollte groß genug sein, um eine Beobachtung von der Bestäubung bis zur Fruchtbildung zuzulassen.

Pflanzen aus der Familie der Kreuzblütengewächse, wie z. B. Radieschen (*Raphanussativus*) oder Senf (*Sinapis alba*), haben einen sehr übersichtlichen Blütenaufbau, die Ausbildung der Früchte (Schoten) erfolgt schnell und kann sehr gut beobachtet werden. Es ist sehr interessant, einige Radieschen nicht zu ernten, sondern blühen zu lassen. Das eigentliche Radieschen, ein Speicherorgan, bildet sich im Laufe der Entwicklung von Blüten und Samen wieder zurück, da die gespeicherten Nährstoffe verbraucht werden. Zurück bleibt ein Stück roter Stängel (Sprossachse). Dies verdeutlicht sehr gut die Funktion einer Speicherknolle und zeigt auf, dass Radieschen nicht primär gebildet werden, damit Menschen etwas zu essen haben. Die Samen können einfach geerntet werden, nachdem die Schoten getrocknet sind.

Eine für Grundschul Kinder sehr gut geeignete Pflanze ist die Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*). Die Samen sind groß, alle Teile der Pflanze sind essbar. Die Blüten weisen Saftmale auf, d. h. Wegweiser für bestäubende Insekten zum Nektarsporn. Dieser kann von den Schüler\*innen abgebissen und Nektar so direkt gekostet werden. Die Entwicklung der Frucht ist in allen Stadien sehr gut beobachtbar.



Fotos: Dorothee Benkowitz

Abb. 3: Kapuzinerkresse in unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

Bohnsensamen (*Phaseolus vulgaris*) sind ebenfalls sehr gut geeignet. Sie können aufgeschnitten werden, nachdem sie in Wasser aufgeweicht wurden. Im Inneren findet man bereits den Keimling. Man kann die Samen bei der Keimung beobachten, in den Garten auspflanzen und schließlich ernten. Allerdings sollten Bohnensamen für die Neuaussaat im nächsten Jahr zurückbehalten werden – werden alle aufgegessen, bleibt der Kreislauf weiterhin unverstanden. Befragungen haben zudem gezeigt, dass jüngere Kinder eine so enge emotionale Beziehung zu den selbst gesäten Bohnenpflanzen aufbauen können, dass sie das Präparieren eines Bohnensamens danach ablehnen. Besser sollte also zuerst der Samen präpariert, dann ein Bohnensamen gesät werden.

Für Schüler\*innen der Sekundarstufe ist Basilikum (*Ocimum basilicum*) gut geeignet, da die Samen als Lichtkeimer nicht mit Erde bedeckt werden und daher auch der Keimungsvorgang gut beobachtet werden kann. Allerdings sind sie sehr klein und der Einsatz von Lupen kann erforderlich sein.

Kürbis (*Cucurbita spec.*) oder Zucchini (*Cucurbita pepo*) sind zur Beobachtung gut, zur Samenernte aber ungeeignet. Da sie einhäusig sind – d. h. es gibt männliche und weibliche Blüten an derselben Pflanze – kann die Entwicklung der Frucht gut beobachtet werden. Da es sich bei den gekauften

Samen jedoch um F1-Hybride handelt, d. h. durch Kreuzung entstandene Zuchtformen mit ausgewählten Eigenschaften, sollten diese nicht zur Wiederaussaat geerntet werden: Beim Aus säen selbst geernteter Samen spalten sich die Erbanlagen in nicht vorhersehbarer Weise auf. Es sind dabei auch schon giftige Kreuzungen aufgetreten, z. B. wenn Insekten den Pollen von Zierkürbissen auf den Nachbarbeet auf die Narbe des Speisekürbis oder der Zucchini übertragen.

Für die Beobachtung eher weniger geeignet sind Pflanzen aus der Familie der Korbblütengewächse, wie z. B. Sonnenblumen, Löwenzahn oder Gänseblümchen, da sie einen aus vielen einzelnen Blüten zusammengesetzten „Blütenkorb“ besitzen, der eine Beobachtung der einzelnen Blüte erschwert. Zudem bilden sich die Samen (Achänen) im verborgenen unteren Teil des Blütenkorbes und können daher nicht gut beobachtet werden. Auch Samen von Obstbäumen, z. B. Apfelkerne, sind nicht gut geeignet, da Obstbäume „veredelt“ sind. Das bedeutet, dass wuchskräftige Teile (sog. Augen) eines Apfelbaums einer gewünschten Sorte auf eine sog. Unterlage, einen gut wachsenden Apfelbaum, aufgepflanzt (okuliert) werden. Daher wird aus dem gepflanzten Kern zwar eine Pflanze wachsen, sie wird aber nicht dieselbe Apfelsorte tragen wie der Apfel, aus

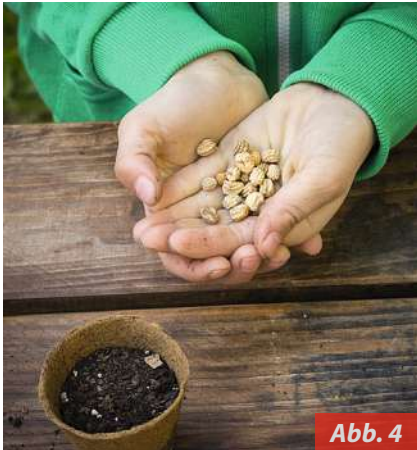


Abb. 4



Abb. 5

dem er entnommen wurde. Außerdem dauert das Wachstum von Bäumen zu lange, es können Jahre vergehen, bis sich erste Blüten bilden.

### Aussaat und Keimung

Ein guter Zeitpunkt für den Start ist direkt nach den Osterferien. Zu Beginn der Unterrichtseinheit werden Samentüten unterschiedlicher, einjähriger Blütenpflanzen gekauft. Die Schüler\*innen informieren sich auf der Rückseite über den Aussaatzeitpunkt, den Ort, die Saattiefe etc. und vergleichen sie miteinander. Eine tabellarische Übersicht kann auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinweisen: Benötigt der Samen Licht zum Keimen? Wann kann mit Blüte bzw. Ernte von Früchten gerechnet werden?

In Partner- oder Gruppenarbeit übernehmen die Schüler\*innen anschließend die Aussaat im Klassenzimmer. Hierfür können Kleingewächshäuser genutzt werden, die die empfindlichen Keimlinge vor dem Austrocknen bewahren. Wenn die Aussaat im Klassenzimmer erfolgt, können einzelne Entwicklungsschritte besser beobachtet und fotografisch oder zeichnerisch festgehalten werden, als wenn direkt in den Schulgarten ausgesät wird. Die Aussaat sollte mit dem Namen der Pflanze, dem Aussaatdatum sowie den Namen der Schüler\*innen beschriftet werden, um Verwechslungen zu vermeiden. Das Aussaatdatum ist wichtig zur Kontrolle der Keimfähigkeit – nicht jeder Samen keimt, daher muss evtl. noch einmal nachgesät werden.

Um nun die im Boden ablaufenden Prozesse sichtbar zu machen, kann ein Keimungskarussell angelegt werden.



Abb. 6

Dabei wird ein Glas mit schwarzem Tonpapier oder Filz ausgeschlagen und innen mit saugfähigem Küchenkrepp befüllt. Anschließend werden vorsichtig Samen zwischen Tonkarton und Glas gelegt, sodass sie von außen gut sichtbar sind. Das Ganze wird gut gewässert und – mit einem mit kleinen Löchern versehenen Deckel bedeckt – an einem hellen, nicht zu sonnigen Standort aufgestellt. Im Karussell sind der Austritt der Keimwurzel und der Keimpflanze sowie das Entfalten der Keimblätter genau zu beobachten (Abb. 5 und 6), bevor die einzelnen Schritte abgezeichnet oder fotografiert werden. Werden die einzelnen Entwicklungsschritte abfotografiert, können sie später mit Zeitraffer bearbeitet werden, um den Keimungsprozess im Schnelldurchlauf zu veranschaulichen. Bis zum Erscheinen der Keimblätter, die sich in der Regel überirdisch entfalten, können zusätzlich Versuche zu Keimbedingungen durchgeführt werden. Dies kann mit den ausgewählten Pflanzensamen oder wahlweise mit

### Keimungskarussell

#### mit Samen der Kapuzinerkresse:

Die Samen werden gepflanzt (Abb. 4).

Die Wurzel tritt als Erstes aus, dann folgt der Spross (Abb. 5 und 6).

Die Blüten der Kapuzinerkresse (Abb. 7).



Abb. 7

Kresse erfolgen. Dazu werden Samen unter verschiedenen Bedingungen beobachtet: mit und ohne Wasser, im Licht und im Dunkeln usw. Es sollte darauf geachtet werden, dass immer nur ein Faktor variiert sowie ein Kontrollversuch angesetzt wird.

Nach dem Erscheinen der Keimblätter, die bald gelb werden und abfallen, wächst die Pflanze in die Länge. Das Längenwachstum wird gemessen und protokolliert. Auch die Anzahl der Blätter kann im „Forschertagebuch“ festgehalten werden. Ab jetzt ist es wichtig, die Pflanze außer mit Wasser zusätzlich mit Dünger zu versorgen, vor allem, wenn sie in einem kleinen Topf im Klassenzimmer wachsen soll. In einer humusreichen Gartenerde kann darauf zunächst noch verzichtet werden. Die Blätter weisen Merkmale der Art auf und können mit Fachbegriffen beschrieben und gezeichnet werden. Die Fachbegriffe zum Beschreiben von Blattformen und Blatträndern sind später als Grundlage zum Erwerb von Artenkenntnis notwendig. Die

Schüler\*innen erhalten so erste Einblicke in das systematische Ordnen von Pflanzen anhand von Blattstellung und Blattform. Für Grundschul Kinder genügen zunächst wenige, einfach erkennbare Blattformen, mit Schüler\*innen der Sekundarstufe können die Fachbegriffe erweitert werden.

### **Aus der Blüte entwickelt sich die Frucht**

Endlich bilden sich Knospen an der Pflanze, aus denen sich schließlich die Blüten entfalten (Abb. 7). Die Anzahl der Kelch-, Blüten- und Staubblätter kann gezählt und im „Forschertagebuch“ notiert werden. Je nach Größe der Blüte kann hierfür eine Lupe verwendet werden. Die Form der Blüten sowie deren Anordnung am Spross werden genauer untersucht und gezeichnet, einzelne Bestandteile der Blüte werden mit Fachbegriffen benannt.

Der Aufbau einer Blüte wird parallel an verschiedenen Blüten untersucht, um die Regelmäßigkeit des Blütenbaus zu verstehen. Hierzu können z. B. Tulpen oder Lilien gewählt werden, die besonders große Blüten besitzen, in denen die einzelnen Teile auch ohne Hilfsmittel gut erkannt werden können. Allerdings besitzen sie keine Kelchblätter. Vorsicht: Der Pollen von Lilien hinterlässt Flecken auf der Kleidung, die sich nicht mehr auswaschen lassen!

Beim Untersuchen von Blüten sollte darauf geachtet werden, dass auch hier respektvoll mit den zu untersuchenden Pflanzen umgegangen wird. So können z. B. herauspräparierte Teile auf ein Blatt aufgeklebt werden, übrige Pflanzen in einer Blumenvase präsentiert und Reste von Pflanzen zumindest kompostiert werden. Werden die Pflanzen einfach zerstückelt und danach in den Müll geworfen, widerspricht das dem Vermitteln der Einsicht, dass Pflanzen auch Lebewesen sind.

Bei im Klassenzimmer gezogenen Pflanzen, muss die Bestäubung meist selbst durchgeführt werden, da in der Regel die Insekten fehlen. Hierzu kann z. B. aus Pfeifenputzern ein „Insekt“ (z. B. eine Biene oder eine Hummel) gebastelt werden, oder man überträgt mit einem Pinsel Pollen von den Staubblättern der einen Blüte auf die Narbe einer anderen Blüte. So wird der Vorgang

der Bestäubung durch Blütenstaub (Pollen) im Vergleich zur Befruchtung, die erst danach erfolgt, klar. Um die Vorgänge nach der Bestäubung zu veranschaulichen, kann Pollen von Lilien- oder Holunderblüten in einem Tropfen Zuckerlösung (10%-Glukose-Lösung) mikroskopiert werden. Mit etwas Geduld lässt sich das Auswachsen des Pollenschlauchs beobachten.

Anschließend können Pollen verschiedener Pflanzen mikroskopiert werden. Dass der Pollen so eindeutig einer Pflanzenart zugeordnet werden kann, sodass er als Bestimmungsmerkmal herangezogen wird, ist meist nicht bekannt. Die Möglichkeiten der Pollenanalyse, um die zur Honigherstellung von Bienen besuchten Blüten zu bestimmen, oder um die Ausbreitung von Kulturpflanzen im historischen Kontext zu erforschen, kann thematisiert werden.

Die Schüler\*innen informieren sich über die Verbreitungsstrategien von Pollen durch Tiere, Wind oder Wasser. Die Rolle des Pollens bei der Entstehung von Allergien wird aufgegriffen. Es kann geklärt werden, wieso gerade windbestäubte Pflanzen Allergien auslösen und dass Allergien gegen Frühblüher nicht von Tulpen, Narzissen etc. ausgelöst werden, sondern dass sie eine Reaktion des Immunsystems auf die Pollen von frühblühenden Pflanzen, z. B. Birke oder Hasel, darstellen. Der Zusammenhang zwischen Windbestäubung und der massenhaften Produktion von Pollen wird deutlich. Dies erklärt auch, warum viele Menschen auf ebenfalls vom Wind verbreitete Gräserpollen allergisch reagieren.

Parallel zur Entwicklung im Klassenzimmer können Erkundungen im Freien stattfinden. Hierfür können der Schulgarten, aber auch Wiesen oder Blühstreifen genutzt werden. Die Schüler\*innen beobachten Bestäuber, die die Blüten von Pflanzen besuchen. Welcher Rüssel passt in welche Blüte? Unterschiedliche Formen von Blüten bieten Nahrung für unterschiedliche Arten von Insekten. So werden Glockenblumen vor allem von Hummeln und Bienen, Scheiben- und Schalenblumen von pollenfressenden Käfern sowie Nelken und Primeln von Schmetterlingen mit langen Rüsseln besucht. Die Schüler\*innen gewinnen

Einblicke in die Koevolution von Blüten und Insekten.

Die blütenbesuchenden Insekten werden beschrieben und bestimmt. Auf diese Art und Weise kann die Aufmerksamkeit für diese bedrohte Gruppe geschult werden. Häufig gibt man sich bei Insekten mit der Bestimmung der Familie oder Gattung zufrieden, da die Bestimmung der Art sehr viel Expertise voraussetzt. Es gibt inzwischen zum Bestimmen von Insekten einige sehr gute kostenlose Apps (z. B. ID-Logics - vor allem für Hummeln – oder Naturblick), die durch ihre einfache Handhabung für Schüler\*innen sehr motivierend sein können.

Um die Rolle der Bestäubung bei der Entwicklung der Frucht zu verdeutlichen, wird eine ausgewählte Blüte mit Gaze eingepackt, um zu verhindern, dass sie bestäubt wird. Eine andere Blüte kann von den Schüler\*innen selbst mit einem Pinsel bestäubt und anschließend verhüllt werden. Wenn die Blütenblätter vertrocknet und abgefallen sind, können die Veränderungen der Blüten miteinander verglichen werden: Die ohne Bestäubung eingepackte Blüte zeigt keinerlei Entwicklung einer Frucht, während bei der bestäubten und somit befruchteten deutlich eine Verdickung sichtbar wird. Die Unterschiede zwischen befruchteten und unbefruchteten Blüten werden tabellarisch festgehalten und mit Zeichnungen oder Fotografien belegt. So können vereinfachte Methoden der Pflanzenzüchtung, mit denen auch Gregor Mendel die Vererbungsregeln entdeckt hat, nachvollzogen werden. Eine ausführliche Anleitung zur entsprechenden Unterrichtsgestaltung für die Sekundarstufe II findet man z. B. im Schulbuch „Unterricht Biologie 345“ (Lehnert 2009, 40ff).

Die Veränderungen der Blüte nach der Bestäubung werden zeichnerisch oder fotografisch festgehalten. Nach der Befruchtung beginnt die Ausbildung der Frucht. Diese wächst in der Regel schnell. Das Wachstum kann durch das Messen der Länge bzw. des Umfangs festgehalten und verglichen werden. Bei großen Früchten, wie z. B. bei Kürbissen, kann auch das Gewicht als Referenz herangezogen werden.

### Samenernte – der Kreis schließt sich

Nach dem Reifen der Frucht können die Schüler\*innen Samen bei ihrer Pflanze ernten, die denen ähneln, die sie im Frühjahr ausgesät haben.

Unter gezielten Fragestellungen untersuchen die Schüler\*innen die botanische Einteilung von Früchten. Dazu schneiden sie verschiedene Früchte auf, beschreiben und zeichnen die Lage, Anordnung und Anzahl der Samen und erkennen so Grundmuster, die eine Klassifizierung zulassen. Die Frucht ist wesentlich für das Bestimmen von Pflanzenfamilien.

Die Verbreitung von Samen bietet ebenfalls einen interessanten Ansatzpunkt für forschendes Lernen: Wind, Wasser, Tiere und Selbstverbreitung können an unterschiedlichen Arten untersucht werden. Gerade die Windverbreitung bietet gute Ansätze für Bionik-Unterricht: Die Schüler\*innen konstruieren Flugapparate aus verschiedenen Materialien und testen sie anschließend gemeinsam.

Geerntete Samen müssen zum Aufbewahren gut getrocknet werden, damit sie nicht schimmeln. Für die Aussaat im nächsten Frühjahr werden sie an einem luftigen Ort in selbst gestalteten Samentüten aufbewahrt. Auf der Rückseite der Tüten werden für die Aussaat wichtige Informationen festgehalten. Somit wird der gesamte Entwicklungsprozess nochmals reflektiert.

Für das Verstehen des Zyklus' ist es wichtig, das Getane und Erlebte im Unterricht gemeinsam zu reflektieren und zu analysieren, denn sonst bleibt es bei Einzelwissen, das von den Schüler\*innen nicht selbstständig verbunden werden kann.

### Fazit

Wissen wird in der Regel nur dann dauerhaft behalten, wenn es eine persönliche Bedeutung für den Lernenden hat. Es ist dann nicht „träge“, sondern transferfähig, d. h. es kann flexibel zur Lösung von Problemen herangezogen werden. Der pflanzliche Entwicklungszyklus ist ein sehr gut geeignetes Phänomen für forschend-entwickelnden Unterricht. Orientiert an eigenen Fragestellungen lernen die Schüler\*innen, vorausschauend zu planen und zu handeln – eine wichtige Teilkompetenz im

Rahmen der BNE.

Das Beobachten selbst gesäter Pflanzen eröffnet echte Lernchancen: Durch die emotionale Beziehung zu einer selbst gezogenen Pflanze wird erworbenes Wissen persönlich bedeutsam und bleibt länger in Erinnerung. Steht ein Schulgarten zur Verfügung, erhalten die Schüler\*innen zudem Einblicke in ökologische Zusammenhänge und können so an ausgewählten Beispielen im Sinne des exemplarischen Prinzips Erkenntnisse über biologische Kreisläufe gewinnen. Die Regelmäßigkeit kann nur verstanden werden, wenn das Phänomen an vielen Beispielen beobachtet und reflektiert wird. Die Auseinandersetzung mit der Entstehung von Samen und Saatgut führt zum Verständnis von genetischer Variabilität bzw. genetischer Manipulation. Dies lenkt den Blick auf die biologische Vielfalt, deren Bewahrung eine immer wichtigere Bedeutung erlangt. Die Beschäftigung mit Arten- und Sortenvielfalt bei Nahrungspflanzen liefert einen Beitrag zu gesunder Ernährung. Nur mit Kenntnis des pflanzlichen Entwicklungszyklus sind Themen wie Regionalität und Saisonalität verstehbar.

Schließlich kann ein Transfer von Pflanzen auf die Lebenszyklen von Tieren erfolgen. Das Wissen, das mit Unterstützung der eigenen Beobachtungen und Erfahrungen aufgebaut wird, kann mit Theoriewissen verknüpft werden und so zum echten Verstehen führen. Dieses echte Verstehen ist die Grundvoraussetzung dafür, dass Bildung für nachhaltige Entwicklung gelingen kann.

### Literatur

- **Benkowitz, Dorothee/Lehnert, Hans-Joachim (2009):** Denken in Kreisläufen – Lernerperspektiven zum Entwicklungszyklus von Blütenpflanzen. In: *Berichte des Instituts der Didaktik der Biologie*, 17, 31–40. <https://doi.org/10.4119/zdb-1648> [31.8.2020]
- **Gebhard, Ulrich (2013):** Kind und Natur. Berlin: Springer.
- **Goller, Helmut (2002):** Kontextabhängiger Erwerb von Arten- und Formenkenntnissen im Biologieunterricht des Gymnasiums. <https://epub.uni-regensburg.de/9913/> [31.8.2020]
- **Lehnert, Hans-Joachim (2009):** Sonnenblumenvielfalt. In: *Unterricht Biologie* 345, 40–43.

- **Meisert, Anke (2019):** Wie kann Biologieunterricht geplant werden? In: *Spöhrhase, Ulrike (Hg.): Biologie-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II.* Berlin: Cornelsen Skriptor, 241–263.
- **Wandersee, James H. / Schussler, Elisabeth E. (2001):** Towards a Theory of Plant Blindness. In: *Plant Science Bulletin* Vol. 47 (1), 2–8.

### Links (Unterrichtsmaterial zum Download):

- **Ausführliche Handreichung mit Arbeitsblätter für die Grundschule:** Benkowitz, Dorothee/Köhler, Karlheinz/Lehnert, Hans-Joachim (2015): *Start ins Grün:* <https://www.wir-leben-genossenschaft.de/de/grundschulbildungsbildungsaktion-der-raiffeisen-maerkte-685.htm>
- **Weitere Literatur zum Thema Pflanzen und Insekten:** <https://www.bag-schulgarten.de/literaturlinks/aktuelle-schulgartenliteratur/>



**Prof. Dr. Dorothee Benkowitz**

ist Hochschullehrerin für Biologie und ihre Didaktik an der PH Weingarten und leitet dort den Ökologischen Lehr- und Lern-

Garten. Sie ist Erste Vorsitzende der Bundesarbeitsgemeinschaft Schulgarten e.V. Kontakt: [benkowitz@ph-weingarten.de](mailto:benkowitz@ph-weingarten.de)

### Impressum

*Unterrichtspraxis* – Beilage zu „bildung und wissenschaft“, Zeitschrift der Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft Baden-Württemberg, erscheint unter eigener Redaktion achtmal jährlich.

Redaktion: Joachim Schäfer (verantwortlicher Redakteur), Karl-Heinz Aschenbrenner, Helmut Däuble, Nicole Neumeister  
Anschrift der Redaktion: Joachim Schäfer, Meisenweg 10, 71634 Ludwigsburg, E-Mail: [unterrichtspraxis@gmx.de](mailto:unterrichtspraxis@gmx.de)  
Dieses Heft kann auch online abgerufen werden: [www.gew-bw.de/unterrichtspraxis](http://www.gew-bw.de/unterrichtspraxis)

Gestaltung: Evi Maziol

Zur Mitarbeit sind alle Kolleginnen und Kollegen herzlich eingeladen. Manuskripte sollten direkt an die Redaktion der *Unterrichtspraxis* adressiert werden.