

Umwelterziehung und Nachhaltigkeit

Fächer verbindendes Arbeiten im Schulgarten

Sekundarstufe - Heft 1



Biologie - NwT - NWA - Mensch und Umwelt
Lebende Solarkraftwerke: Pflanzen als Produzenten



Biologie - Chemie - NwT - NWA - Mensch und Umwelt
Das Chemielabor der Pflanzen - Gesunde Farben - Vitamine ...



Biologie - NwT - NWA - Mensch und Umwelt
Gaumenkitzler und Nasenschmeichler - Kräuter ...

***Die pädagogische
Dimension der
Bildung und
Erziehung für
nachhaltige Entwicklung
erfordert eine
Veränderung in der
Aneignung von und im
Umgang mit Wissen.***

Vorwort der Ministerien	3
Inhalt	4
Impressum	5
Bildung für nachhaltige Entwicklung als gesellschaftliche Aufgabe - Beitrag des Lernortes Schulgarten	6

Lebende Solarkraftwerke - Pflanzen als Produzenten

Didaktische Bemerkungen, Bildungsplanbezüge	8
1. Mit uns wird Sonne Strom?	9
2. Nährstoffe sind die Grundlage von Gesundheit	10
Material 1: Nährstoffe lassen sich nachweisen	11
3. Pflanzen haben andere Bedürfnisse als Mensch und Tier	12
Material 2: Nährstoff ist nicht gleich Nährstoff	13
Material 3: Wie viele Menschen kann unser Garten ernähren?	14
4. „Die Zuckermacher“ - Was Pflanzen aus Zucker alles produzieren können	15
Material 4: Leckere Rezepte mit dicken Bohnen Chromosomen entdecken, Wurzelknöllchen finden	18
5. Reserven für harte Zeiten: Speicherung von Nährstoffen in der Pflanze	19
Material 5: Heimische Frühblüher	24
Material 6: Scharbockskraut	27
Material 7: Bärlauch	27
6. Angebot und Nachfrage regeln die Verteilung	29

Das Chemielabor der Pflanzen: Gesunde Farben - Vitamine - Sekundäre Pflanzenstoffe

1. Fachliche Einleitung im unterrichtlichen Kontext	31
2. Konkrete Bezüge des Bildungsplans zu den Lernsegmenten für das „Labor Schulgarten“	37
3. Lernsegmente	39
3.1 Die Zelle als Verpackungskünstler - Farben in Pflanzenzellen	39
3.2 Modell Zelle	40
3.3 Mikroskopie lebender Strukturen aus dem Schulgarten	41
3.4 Fängt Rhabarber Calcium weg?	42
3.5 Gelungenes „Food-Design“ im Garten – mit rot und blau	42
3.6 ABC - Vitamine - schön und gut	45
Material 1: Carotinoide - Provitamin A?	46



Pflanzen sind die Grundlage des Lebens auf der Erde. Sie verwandeln die Energie der Sonne in chemische Energie. Dabei entstehen aus energiearmen anorganischen Stoffen energiereiche organische Verbindungen. Das Leben der Tiere und des Menschen hängt von dieser Ernährungsgrundlage ab.

Seite 8



Pflanzen sind nicht nur die „Zuckermacher“, sondern sie verlocken mit Farben und Düften, produzieren aber auch Fraßgifte und andere Wirkstoffe. Sich hier auszukennen kann überlebenswichtig sein.

Seite 31



Pflanzliche Wirkstoffe reifen nicht in der Apotheke, sondern in echten Lebewesen. Viele davon hält man im Garten. Nicht nur die farbigen Früchte haben es in sich...

Seite 45



Das wichtigste Merkmal der Kräuter sind ihre Inhaltsstoffe. Damit bereichern sie Speisen und Getränke und tragen zu Genuss und Wohlbefinden bei. Kräuter brauchen vergleichsweise wenig Platz im Schulgarten. Sie stellen für den Unterricht in verschiedenen Fächern einen reichen Fundus dar.

Seite 58

Material 2: Warum ist Vitamin C „gesund“?	47
Material 3: Vitamin B2 - ein leuchtendes Beispiel	48
3.7 Apfelbeere und Apfelfrucht	50
Material 4: Vielfalt von Obst – Früchte und Fruchtformen	51
Material 5: Vielfalt der Apfelfrüchte im Garten...	54
Material 5: Vielfalt der Sträucher und Bäume mit Apfelfrüchten.	55
3.8 Mispeln – alte Kulturpflanzen mit Perspektive	57

Gaumenkitzler und Nasenschmeichler – Kräuter und ätherische Öle

1. Lernen mit Kräutern (Didaktische Überlegungen)	58
2. Beiträge zum Kompetenzerwerb	60
3. Vielfalt der Arten und Sorten	60
4. Kulturverfahren	64
Material 1: Aussaat von Kräutern (generative Vermehrung)	66
Material 2: Vegetative Vermehrung von Kräutern	67
5. Kräuter – in Küche, Kosmetik und Krankenbehandlung	70
Material 3: Selbst gezogen – selbst gemacht: Produkte aus dem Kräutergarten	74
Material 4: Vom Kräutergarten in die Schulküche	75
Material 5/6: Geruchs- und Geschmackserlebnisse im Kräutergarten	76
Material 7: Von Mumien, Fäulnis vertreibenden Düften und dem „Essig der vier Diebe“	78
6. Ökophysiologische Hintergründe – Zugänge zu Pflanzen	79
Material 8: Woher kommt der Duft?	80
Literatur	81

Abbildungsverzeichnis / Autorinnen und Autoren 82

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Projektleitung: Ingrid Bisinger, Hans-Joachim Lehnert

Redaktion: Hans-Joachim Lehnert, Claus-Peter Herrn

Grafische Gestaltung und DTP: Hans-Joachim Lehnert

Druck: PFITZER GmbH & Co. KG, Renningen

1. Auflage 3000 Exemplare, Stuttgart, Dezember 2011

Bildung für nachhaltige Entwicklung als gesellschaftliche Aufgabe - Beitrag des Lernortes Schulgarten

Achim Beule, Lissy Jäkel, Hans-Joachim Lehnert

Bildung für nachhaltige Entwicklung - Anmerkungen zu einem abstrakten Begriff

Nach einer repräsentativen Umfrage des Institutes YouGov. (2010) im Auftrag der Karl Kübel Stiftung sind die Themen „Nachhaltigkeit“ und „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ für viele Menschen von großer Bedeutung. So stimmten neun von zehn Befragten der Aussage zu, dass „wir auf lange Sicht nicht auf Kosten der Menschen in anderen Regionen der Erde und auf Kosten zukünftiger Generationen leben dürfen“.

94 Prozent der Befragten waren davon überzeugt, dass die „Lebensgrundlagen künftiger Generationen nur gesichert werden können, wenn wirtschaftlicher Fortschritt mit sozialer Gerechtigkeit und dem Schutz der natürlichen Umwelt“ verbunden wird. Dem gegenüber gaben allerdings nur 40 Prozent der Befragten an, den Begriff „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ zu kennen. Etwas provokativ könnte festgestellt werden, dass Konzepte und Instrumente zur Gestaltung des Lebens und der Zukunft im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung vielen bisher nicht bekannt sind.

Zentraler Bestandteil von Bildung für nachhaltige Entwicklung ist die Bewusstseinsbildung, Handlungsorientierung und Identifikation mit den Rahmenbedingungen menschlichen Lebens. Die Sensibilität für soziale, ökologische und wirtschaftliche Konflikte der Gegenwart führt uns immer wieder die Notwendigkeit einer kritischen Reflexion der gegenwärtigen gesellschaftlichen Realitäten vor Augen. Die Problemlagen wie z.B. Klimawandel, Verlust der Artenvielfalt, Globalisierung, Finanzkrise, Demographischer Wandel, Migration, ungleiche Verteilung von Ressourcen machen uns die Komplexität und die damit verbundene Herausforderung des - 1992 auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro verabschiedeten - gesellschaftlichen Leitbildes der Nachhaltigen Entwicklung deutlich.

Bildung für nachhaltige Entwicklung ist die Antwort auf die Herausforderungen des globa-

len Wandels, auf die Einsicht, dass alle unsere Tätigkeiten und Erzeugnisse auf natürlichen Lebensgrundlagen beruhen, auf solide Studien, die deutlich machen, dass die natürlichen Ressourcen und die Regenerationsfähigkeit des Ökosystems Erde begrenzt sind, auf die Einsicht, dass wir in „Einer Welt“ und in globalen Wirkungszusammenhängen leben.

Vor diesem Hintergrund kann Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht nur als reine Wissensvermittlung, sondern muss vielmehr als ein normatives, auf das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung ausgerichtetes handlungsorientiertes und lebenslanges Lernen verstanden werden. Ziel von Bildung für nachhaltige Entwicklung ist es, Lernende und Lehrenden Kompetenzen mit auf den Weg zu geben, die es ihnen ermöglichen, aktiv und eigenverantwortlich die Zukunft unter dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung mitzugestalten. Im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung wird hier von Gestaltungskompetenz gesprochen. Dies bedeutet konkret, dass zur Lösung der globalen Probleme „die Vernetztheit der drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales umfassend thematisiert sowie ethische Postulate, wie Generationen- und Geschlechtergerechtigkeit, Beachtung kultureller Diversität sowie die Übernahme individueller Verantwortung als Lernfelder“ (NBBW 2008, S. 11) nicht nur im formalen Bildungssystem etabliert werden müssen.

In diesem Sinne ist Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Schule kein neuer Inhalt bzw. neues Unterrichtsfach, sondern eine neue Orientierung, eine Querschnittsaufgabe für Bildungsprozesse (NBBW 2008, S. 16). Dabei ist besonders wichtig, bereits angewandte pädagogische Prinzipien wie Interdisziplinarität, Wertorientierung, kulturelle Sensibilität, Problemlösungsorientierung, methodische Vielfalt, Partizipation und lokale Relevanz weiterzuentwickeln und weiter zu verbreiten. Bildung für nachhaltige Entwicklung ist somit als Prozess zu verstehen, der ständige Weiterentwicklung, Anpassung an die gegebenen Herausforderungen und Evaluierungsprozesse voraussetzt.

Bedeutung des Schulgartens im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung

Das „Mel Johnson School Gardening Project“ wurde 2010 von der UN-Kommission für Nachhaltige Entwicklung als eines von drei Best-Practice-Projekten ausgewählt. Was waren die Gründe für diese Auszeichnung?

In dem kleinen Nordkanadischen Ort Wabowden bewirtschaften Schülerinnen und Schüler ein eigenes Stück Garten und lernen, wie man Obst und Gemüse selbst anbaut. Ihre engagierte Lehrerin Eleanor Woitowicz und die Filmemacherin Katharina Stiefenhoffer (www.andthissismygarden.com) sind davon überzeugt, dass dieses Projekt das Potential hat, Kinder vor der gesellschaftlichen Realität aus Drogen, Fettsucht und Diabetes Typ 2 zu bewahren, die das Leben vieler der vorwiegend ureingesessenen Bewohner bestimmt (Harnett 2010). In dem abgelegenen Ort sind frische Gartenprodukte teuer und schlecht erhältlich. Junk-Food ist sehr verbreitet.

Mit dem „Mel Johnson School Gardening Projekt“ ist das gelungen, was unter dem Begriff Gestaltungskompetenz verstanden wird. Die Schülerinnen und Schüler haben etwas geschaffen, auf das sie mit Recht stolz sind: „And This is My Garden“. Sie können es nur gemeinsam und mit der Schule erreichen, denn für die Anzucht ihrer Pflanzen benötigen sie ein Gewächshaus, die Mithilfe und das Know-How der anderen und der Lehrerin. Durch ihre Gärten lernen die Kinder, wie man Lebensmittel produziert und Verantwortung übernimmt.

Ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gehen Hand in Hand. Viele Kinder der Mel Johnson School lernen preiswerte, gesundheitsförderliche Nahrungsmittel so überhaupt erst kennen. Sie vermeiden durch ihre Gärten vor Ort klimaschädliche Treibhausgase: Wer wie sie einfach in den Garten gehen kann, um für seine Mahlzeiten wichtige Zutaten zu besorgen, spart Transportkilometer und damit die Emission von CO₂. Auf diesen Zusammenhang macht auch Kampagne „Carbon Army“ (BTCV 2011) aufmerksam. Sie versucht die Bürger in Großbritannien zu überzeugen, Bäume zu pflanzen und wieder mehr Produkte im eigenen Garten anzubauen. Die genannten Beispiele sind sicher auch auf Deutschland übertragbar.

Ernährungsinitiative „Komm in Form“

Die beiden Handreichungen zum Lernort Schulgarten sind im Rahmen eines Projektes der Ernährungsinitiative „Komm in Form“ im Kinderland Baden-Württemberg entstanden. Sie zeigen Handlungsmöglichkeiten im Schulgarten zur Konkretisierung des Themen- und Aufgabenschwerpunktes „Umwelterziehung und Nachhaltigkeit“ in den Bildungsplänen der Sekundarstufe allgemein bildender Schulen.

Mit der Initiative „Komm in Form“ möchte das Land Baden-Württemberg einen Beitrag dazu leisten, die Ernährungssituation von Kindern und Jugendlichen bis 2018 zu verbessern. Hierzu werden Kindern, Jugendlichen, Eltern und anderen Bezugspersonen die notwendigen Informationen bereitgestellt und beteiligte Akteure besser vernetzt. Das praktische Erleben beim bzw. rund um das Essen steht bei allen Aktivitäten der Initiative im Mittelpunkt. Desweiteren soll bei der Verpflegung erreicht werden, dass in Kindergarten, Schule und Freizeit die „gesündere“ Wahl von Lebensmitteln und Getränken die „einfachere“ Wahl ist (www.komminform-bw.de).

Die beiden Bände zum Lernort Schulgarten sollen im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung Lehrerinnen und Lehrer ermutigen, den Schulgarten als selbstverständlichen Lernort zu nutzen. Hierzu werden vielfältige Anregungen für den Unterricht in verschiedenen Fächern bzw. Fächerverbänden sowie ein fächerübergreifender Ansatz für die Sekundarstufe angeboten. Damit soll erreicht werden, dass Schülerinnen und Schüler auf der Basis eigener Erfahrungen Wissen über Gesundheit sowie den Anbau, die Ernte und Verarbeitung von Nahrungsmitteln aktiv erwerben, mit allen Sinnen erleben und Zusammenhänge verstehen lernen.

In den 4 Beiträgen im vorliegenden Band 1 werden, von der Photosynthese ausgehend, die wichtigsten Inhaltsstoffe unserer Lebensmittel dargestellt sowie vielfältige Möglichkeiten, diese zu erkunden.

Band 2 der Handreichung fokussiert stärker auf anwendungsbezogene Themen im Schulgarten, wobei sowohl fächerübergreifende als auch jahreszeitliche Aspekte berücksichtigt werden.

Quellen:

- NBBW (Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg) (Hrsg. 2008): „Zukunft gestalten - Nachhaltigkeit lernen“ Bildung für Nachhaltige Entwicklung als Aufgabe für das Land Baden-Württemberg <http://www.nachhaltigkeitsbeirat-bw.de/mainDaten/dokumente/bnegutachten.pdf> (17.11.2011)
- Shamona Harnett: The Richest Harvest. In: OnManitoba Dec. 2010. S 18-21, 29 http://umanitoba.ca/people/alumni/media/1377_OnMB_Dec10_F_web.pdf (17.11.2011)
- BTCV (British Trust for Conservation Volunteers: Carbon Army. <http://www2.btcv.org.uk/display/carbonarmy> (21.11.2011)

Band 1

- Lebende Solarkraftwerke - Pflanzen als Produzenten
- Das Chemielabor der Pflanzen: Gesunde Farben - Vitamine - Sekundäre Pflanzenstoffe
- Gaumenkitzler und Nasenschmeichler – Kräuter und ätherische Öle

Band 2

- Das Fundament des Gartens: Der Boden
- Wie kommt die Suppe in die Tüte?
- Faszination Honigbiene
- Naschen im Beerengarten

Lebende Solarkraftwerke - Pflanzen als Produzenten

Hans-Joachim Lehnert



Abbildung 1,2:
Viele Fragen können beim Anbau von Kartoffeln im Schulgarten entstehen. Die Spanne reicht von Synthese über Speicherung, Transport und Mobilisierung von Nährstoffen bis hin zu Ertrag, Welternährung und Sortenvielfalt.

Didaktische Bemerkungen

Pflanzen spielen in der Lebenswelt unserer Kinder und Jugendlichen eine eher geringe Rolle. Viele Kinder sprechen Pflanzen im Vergleich zu Tieren die Eigenschaft echter Lebewesen ab. Einzelne Pflanzen werden meist übersehen oder höchstens als „Hintergrundgrün“ wahrgenommen. Dabei wäre ohne die Pflanzen ein Leben der Tiere oder gar des Menschen auf unserer Erde nicht möglich.

Die Beschäftigung mit Pflanzen in einer authentischen Lernumgebung, so wie sie ein Schulgarten bietet, führt zu einer Sensibilisierung und ermöglicht es Schülerinnen und Schülern ein Verständnis für diese doch so andersartigen Lebewesen aufzubauen. Tragfähige Konzepte zur Photosynthese, zu Nährstoffen und Mineralstoffen sind wesentliche Voraussetzungen für ein Verständnis des eigenen Körpers und globaler Interdependenzen im Zusammenhang mit der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Im Umgang mit Pflanzen im Schulgarten können Schülerinnen und Schülern entdeckend lernen und dabei eigene Fragen entwickeln. So lernen sie „anhand zentraler naturwissenschaftlicher Prinzipien die Welt wahrzunehmen und zu verstehen. Sie können

- beobachten, beschreiben und vergleichen;
- Experimente planen, durchführen, protokollieren, auswerten und Fehler analysieren [z.B. S. 11, 26-28*];
- Hypothesen bilden und experimentell überprüfen [z.B. S. 27,28];
- Modelle zur Erklärung von Sachverhalten entwickeln, anwenden, deren Gültigkeitsbereiche prüfen [z.B. S. 29,30];
- die Fachsprache angemessen verwenden [z.B. S. 12, 13]“.

(Bildungsplan 2004 Gymnasien, S. 174;

*In eckigen Klammern sind Seitenzahlen in diesem Beitrag angegeben, die in besonderer Beziehung zu den genannten Kompetenzen stehen.)

Tabelle 1: Bezüge zu den Bildungsplänen der Realschule bzw. des Gymnasiums (Auswahl)

Realschule, NWA	Gymnasium, Biologie
Klassen 5-7 Die Schülerinnen und Schüler können <ul style="list-style-type: none"> • experimentieren (7); • eigenverantwortlich mit Stoffen umgehen (7); • Sicherheitsmaßnahmen und Verhaltensregeln beim Umgang mit Gefahrstoffen beachten (7); • die Formenvielfalt der Blütenpflanzen (Wildpflanzen und Nutzpflanzen) entdecken, beschreiben und ordnen [...] (7); • Eigenschaften von Stoffen experimentell erkennen und einordnen (7); • Nährstoffe in Lebensmitteln nachweisen, ihre Bedeutung erkennen sowie ihren Abbau [...] anhand einfacher chemischer Experimente nachvollziehen; • Stoffporträts nach praktischen Erfahrungen mit den Stoffen erstellen und durch Recherchen ergänzen (7); • Energieübertragung beschreiben und erklären; die übertragene Energiemenge abschätzen und berechnen; • Energiespeichermöglichkeiten im Alltag kennen und verstehen; • mit Sonnenenergie umgehen. 	Klassen 5/6 Die Schülerinnen und Schüler können <ul style="list-style-type: none"> • einfache Experimente unter Anleitung durchführen und die Ergebnisse protokollieren; • den Aufbau von Blütenpflanzen, die Funktion der Pflanzenorgane, den zeitlichen Ablauf und die Bedingungen wichtiger pflanzlicher Lebensvorgänge beschreiben; • verschiedene Blütenpflanzen [...] aus ihrer direkten Umgebung an charakteristischen Merkmalen erkennen; • einen einfachen Bestimmungsschlüssel auf unbekannte [...] Pflanzen anwenden; • Ähnlichkeiten im Bau bei Pflanzen [...] erkennen, als Zeichen der Verwandtschaft deuten [...];
	Klasse 8 Biologie Die Schülerinnen und Schüler können <ul style="list-style-type: none"> • erklären, dass Lebewesen aus Zellen aufgebaut sind; • den Aufbau einer typischen tierischen und pflanzlichen Zelle beschreiben sowie lichtmikroskopische Bilder interpretieren; • die Wortgleichung der Fotosynthese angeben; • erklären, dass bei der Fotosynthese Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird.
	Klasse 10 Biologie Die Schülerinnen und Schüler können <ul style="list-style-type: none"> • den Ablauf der Mitose beschreiben und ihre Bedeutung erläutern; • mikroskopische Präparate von Mitosestadien herstellen und analysieren; • Präparate verschiedener Zelltypen herstellen und analysieren; • Zelldifferenzierung als Grundlage für die Gewebe und Organbildung beschreiben.

1. Mit uns wird Sonne Strom?

Hans-Joachim Lehnert

Photovoltaikanlagen auf Schuldächern und anderen Gebäuden sind inzwischen weit verbreitet. Spätestens die Werbung hat uns davon überzeugt, dass aus Sonne Strom werden kann und dass wir unseren Energiebedarf wenigstens zum Teil aus erneuerbaren Energien decken können.

Lebewesen haben diesen Trick der Energieumwandlung allerdings schon vor mehr als 2 Milliarden Jahren entwickelt. Grüne Algen gibt es seit etwa 500 Millionen Jahren. Pflanzen, die Blüten, Früchte und Samen hervorbringen, wachsen seit etwa 100 Millionen Jahren auf der Erde.

Mit der Energie der Sonne stellen Pflanzen energiereiche Stoffe und Sauerstoff her. Sie selbst bestehen aus solchen energiereichen Stoffen und speichern sie für ihre Nachkommen oder für schlechte Zeiten, z.B. für Zeiten ohne Licht. Aus den Resten abgestorbener Pflanzen sind fossile Brennstoffe entstanden, z.B. Steinkohle aus Baumfarnen und Riesenschachtelhalmen vor ca. 300 Millionen Jahren oder Erdöl aus abgestorbenen Meeresorganismen, z.B. aus Algen. Der Sauerstoff in der Luft stammt aus diesem Energieumwandlungsprozess.

Der Mensch wiederum nutzt einen Teil dieser Energie, indem er die Pflanzen oder Teile davon verbrennt, z.B. das Holz von Bäumen oder das Öl aus den Samen (Rapsöl wird z.B. zu Biodiesel). Mit dieser Energie lässt sich in Biomassekraftwerken Strom erzeugen oder lassen sich Fahrzeuge antreiben. Eine andere Möglichkeit der Nutzung der in Pflanzen festgelegten Energie besteht darin, sie zu zerkleinern und in modernen Biogasanlagen zu vergären. Das auf diesem Weg gewonnene Biogas kann wiederum verbrannt werden, um daraus Strom und Wärme zu erzeugen oder Fahrzeuge anzutreiben.

Schließlich nutzen die Tiere und der Mensch die in Pflanzen gespeicherten Stoffe für die eigene Ernährung. Die menschliche Nahrung besteht da-



Abbildung 3: Photovoltaikmodule und Pflanzen auf einem Dach. Beide wandeln die Sonnenenergie um.

mit aus energiereichen Stoffen, die grüne Pflanzen mit der Energie des Sonnenlichts aus einfachen Grundstoffen (Kohlenstoffdioxid, Wasser, Mineralstoffen) hergestellt haben. Unsere Pflanzen im Schulgarten sind damit nichts anderes als lebende Photovoltaikanlagen, die ihre Blätter in Richtung der Sonne ausrichten und mit Hilfe der Sonnenenergie sich selbst, viele Tiere und uns ernähren.

Aufgaben:

1. Wenn Pflanzen eine Werbeagentur hätten, würden sie von sich behaupten: **Mit uns wird Sonnenenergie zu ...**

2. Suche im Garten Pflanzen, deren Blätter so ausgerichtet sind, dass sie möglichst viel Sonne auffangen können und sich möglichst wenig gegenseitig beschatten. Für die Beobachtungen eignet sich ein sonniger Tag um die Mittagszeit. Fertige Skizzen zur Blattstellung an.
3. Suche im Teich oder in Wassertonnen nach grünen Fadenalgen. Findest Du in der Sonne Gasblasen? Versuche das Gas aufzufangen und Sauerstoff nachzuweisen.

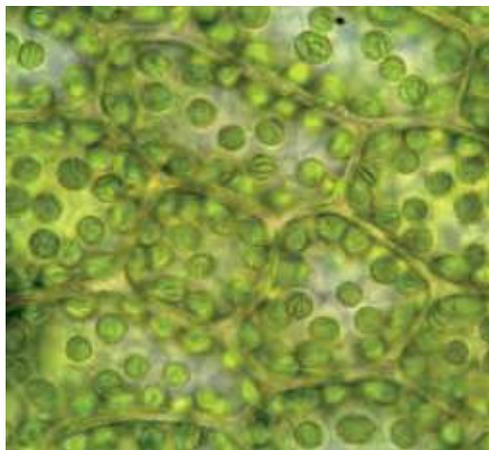


Abbildung 4: In den Chloroplasten (grüne Körperchen) findet die Umwandlung von Sonnenenergie (Licht) in chemische Energie statt. Dabei entsteht als erstes Produkt Traubenzucker. Weiterhin entsteht Sauerstoff. Die Abbildung zeigt ein stark vergrößertes Moosblättchen.

Lösungen

zu 1.: Traubenzucker, Nahrung für Mensch und Tier, chemischer Energie, Treibstoff für Fahrzeuge (Biodiesel, Bioethanol), Brennstoff für Grill, Heizung und Küche (Holz, Holzkohle, Holzpellets), Biogas, Strom (Biomassekraftwerke, Biogaskraftwerke)

2. Nährstoffe sind die Grundlage von Gesundheit

Hans-Joachim Lehnert

Auf die Frage „Was ist gesund?“ werden in der Regel „Obst und Gemüse“ oder „Vitamine“ genannt. Der Begriff „Nährstoff“ fällt fast nie im Zusammenhang mit Gesundheit, sondern ist eher mit der menschlichen Nahrung assoziiert. Er hat in diesem Zusammenhang eine negative Konnotation, z.B. als „Dickmacher“.

Verlässt man die Perspektive der Wohlstandsgesellschaft und versetzt sich in die Lage von Menschen, die hungern – sei es auf Grund von Armut, Krieg, Naturkatastrophen oder einer psychischen Störung – wird schnell klar, dass eine ausreichende Nährstoffversorgung die unabdingbare Grundlage von Gesundheit darstellt:

Nährstoffe (Eiweiße, Kohlenhydrate und Fette) sind unverzichtbar. Wenn es insgesamt an Nährstoffen mangelt, liegt eine Form der Unterernährung vor, die als Marasmus bekannt ist. Betroffene Menschen sind abgemagert und geschwächt.

Zu wenig Eiweiß bei ausreichender Zufuhr anderer Nährstoffe führt bei Kindern zu Kwashiorkor. Diese Mangelernährung führt zu aufgetriebenen Hungerbäuchen, weiterhin zu Haarausfall und Immunschwäche. Eiweiß spielt eine besondere Rolle in der Ernährung, weil es der wichtigste Baustoff unserer Zellen ist. Dabei ist auch die Zusammensetzung der Aminosäuren in den Eiweißen von Bedeutung. Die sogenannten *essentiellen* Aminosäuren müssen in ausreichender Menge mit der Nahrung aufgenommen werden.

Auch bestimmte Fettsäuren kann der menschliche Organismus nicht selbst herstellen. Gerade

in pflanzlichen Ölen sind viele dieser *essentiellen* Fettsäuren enthalten. Die für die Energiegewinnung verwendeten Kohlenhydrate und Fette sind in gewissem Maße austauschbar.

Menschen und Tiere sind auf eine regelmäßige Zufuhr von Nährstoffen angewiesen. Eine solche Form der Ernährung wird **heterotroph** genannt (von hetero anders; trophein, griech. für ernähren, wachsen). In den Nahrungsmitteln liegen die Nährstoffe in der Regel in Mischungen vor. Klare Vorstellungen über die Eigenschaften der Nährstoffe des Menschen (und der Tiere) und einen sicheren Umgang mit diesen Begriffen kann man im Umgang mit Nahrungsmitteln erwerben, in denen die Hauptnährstoffe in möglichst reiner Form enthalten sind oder in bekannten Mischungen vorliegen (Abbildung 5).

Durch das Untersuchen pflanzlicher Nahrungsmittel mit Hilfe von Nachweisreaktionen ([Material 3](#)) lässt sich herausfinden, welche Nährstoffe in welchen Nahrungsmitteln enthalten sind. Im Schulgarten können die unterschiedlichsten Pflanzen untersucht werden, vor allem deren Samen, Früchte und Speicherorgane. So wird deutlich, dass Pflanzen die gleichen Nährstoffe enthalten wie tierische Produkte. Auch die eigene Herstellung von Öl, Honig, Stärkemehl, Brot und Käse eröffnet entsprechende Einblicke und stellt Zusammenhänge her.

Mit einer Modellrechnung ([Material 2](#)) wird schließlich deutlich, dass für die Ernährung jedes Menschen eine Mindestfläche nötig ist, die in der Regel die Fläche eines Schulgartens übersteigt.



Abbildung 5: Traubenzucker, Haushaltszucker, Speisestärke, Eiklar und Olivenöl sind Beispiele für Nahrungsmittel, die einen Nährstoff in fast reiner Form enthalten.

Tabelle 2: Nährstoffe und ihre Bausteine in Produkten aus Garten und Landwirtschaft

Nährstoffe und Bausteine	Formen (Auswahl)	Beispiele
Kohlenhydrate aus Einfachzuckern	Einfachzucker Zweifachzucker	Nektar (→ Honig, Heft 2, S. 64); süße Früchte Zuckerrübe, Zuckerrohr → Rohrzucker (Saccharose)
	Stärke	Mehlkörper der Getreide, Kartoffel
Eiweiße aus Aminosäuren	Speichereiweiße	Hülsenfrüchte, Soja → Tofu, aus Milch → Magerquark, Eiklar Elaiosomen (Abbildung 35), Federn, Haare, Nägel, Horn
	Struktureiweiße	
Fette aus Glycerin & Fettsäuren	Speicherfette	Sonnenblumenkerne, Leinsamen, Rapssamen, Oliven → Öl (= Fett in flüssigem Zustand)

Nährstoffe lassen sich nachweisen

Nachweis von Traubenzucker

(nicht für stark gefärbte Proben geeignet)

Material: Knoblauchpresse, Wasser, Glucose-teststäbchen

Durchführung: Drücke das Teststäbchen gegen die feuchte Schnittfläche der Probe oder gewinne etwas Presssaft und tauche das Teststäbchen hinein. Bei trockenen Proben muss vorher die Schnittfläche mit Wasser befeuchtet werden.

Auswertung: Vergleiche nach 1 Minute die Färbung des Teststäbchens mit der Farbskala.



Abbildung 7: Traubenzucker (Glucose)-Nachweis mit Teststäbchen

Nachweis von Fett

Material:

1 Blatt weißes Papier, Stift, Wasser, Öl

Durchführung: Nimm eine Probe und reibe sie auf dem Papier. Umkreise den Fleck und beschrifte ihn. Verfahre ebenso mit den weiteren Proben, mit einem Tropfen Wasser und einem Tropfen Öl. Trockne das Papier, bis der Wasserfleck verschwunden ist.

Auswertung: Halte das Papier gegen das Licht und vergleiche mit dem Wasser- und mit dem Ölfleck.



Abbildung 8: Fettfleckprobe

Nachweis von Stärke

Material: Lugolsche Lösung (Jodreagenz) in einer Tropfflasche, Petrischale

Durchführung: Gib einen Tropfen Jodreagenz auf die Probe.

Auswertung: Blau- oder Violett färbung zeigt Stärke an.



Abbildung 6: Stärkenachweis mit Jodreagenz (Lugolsche Lösung)

Ergebnisse: (hoher Gehalt ++, vorhanden +, fehlend -)

Probe	Traubenzucker	Stärke	Fett	Eiweiß

Nachweis von Eiweiß

(nur für trockene, ungefärbte Proben geeignet)

Material:

Petrischale, eine geringe Menge konz. Salpetersäure in einer kleinen Tropfflasche.

Schutzbrille! Vorsicht! Augen- und Hautkontakt unbedingt vermeiden!

Durchführung: Gib einen Tropfen Salpetersäure auf die Probe und warte 5 Minuten.

Auswertung: Gelbfärbung zeigt Eiweiß an.



Abbildung 9: Nachweis von Eiweiß mit Salpetersäure (Xanthoproteinreaktion)

3. Pflanzen haben andere Bedürfnisse als Mensch und Tier

Hans-Joachim Lehnert

Es ist schwierig zu verstehen, dass Pflanzen zwar die gleichen Nährstoffe enthalten, sich aber völlig anders ernähren als Mensch und Tier: Grüne Pflanzen sind **autotroph** (wörtlich: sich selbst ernährend). Sie produzieren aus einfachen Ausgangsstoffen (Kohlenstoffdioxid, Wasser, Mineralstoffe) mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts alles, was sie für ihren Aufbau benötigen. Autotroph bedeutet also, dass sie im Gegensatz zu Mensch und Tier die Bausteine für ihre Strukturen selbst herstellen können. Als erstes und recht einfaches Produkt entsteht in der **Photosynthese** der Traubenzucker, ein Einfachzucker:

Energie des Sonnenlichts

Kohlenstoffdioxid + Wasser → Traubenzucker + Sauerstoff



Abbildung 10:
Die Mineralstoffe sind in fester Form salzartig: hier: Kaliumhydrogenphosphat, Kaliumnitrat.



Abbildung 11:
Bei Stickstoffmangel kommt es zu einem schnellen Vergilben (Chlorose) der älteren Blätter, weil dort Chlorophyll abgebaut wird. Die Stickstoffverbindungen aus diesem Abbau werden in den wachsenden Teilen benötigt. Aus den überschüssigen Photosyntheseprodukten bildet sich rot gefärbtes Anthozyan. Solche Jungpflanzen, hier ein Feuersalbei, müssen umgehend gedüngt werden.

Aus Traubenzucker (Glucose) können weitere Stoffe synthetisiert werden: Als Speicherstoff entsteht z.B. Stärke, als Transportzucker z.B. Rohrzucker (Saccharose) oder als Gerüstsubstanz für die Zellwände z.B. Cellulose. Bei all diesen Stoffen handelt es sich um Kohlenhydrate, die aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen. Auch Fette können in der Pflanze recht einfach hergestellt werden. Der Kohlenstoff für diese Prozesse stammt aus dem Kohlenstoffdioxid der Luft; Wasserstoff und Sauerstoff stammen aus dem Wasser. Man könnte sich die Pflanze auch als lebende Chemiefabrik vorstellen, die Energie für ihre Prozesse aus dem Licht der Sonne bezieht und für ihre Produkte die einfachen Grundstoffe ihrer Umgebung verwendet: Wasser und Kohlenstoffdioxid.

Für die Synthese der Aminosäuren, aus denen die Eiweiße aufgebaut werden, reichen Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid alleine nicht aus. Hierfür wird zusätzlich Stickstoff benötigt. Diesen nehmen die Pflanzen in Form von Nitrat-Stickstoff oder Ammonium-Stickstoff zusammen mit dem Wasser auf. In gleicher Weise gelangt Phosphat in die Pflanze, das zusammen mit anderen Bausteinen

für die Synthese der Erbinformation wichtig ist. Die wasserlöslichen Stoffe, die eine Pflanze aus dem Boden aufnimmt, werden als Mineralstoffe bezeichnet. Eine Übersicht über die wichtigsten Mineralstoffe gibt die Tabelle 3. Wenn eine Pflanze weniger als nötig von einem Mineralstoff aufnehmen kann, zeigt sie Mangelerscheinungen. Pflanzen mit Stickstoffmangel entwickeln als sichtbares Zeichen eine Chlorose (Abb. 11): Auch ein Mangel an Phosphat führt zu einer Mangelerscheinung: die Pflanze wächst nicht mehr. Sie bekommt Blattschäden, blüht und fruchtet nur noch eingeschränkt. Damit eine Pflanze gut wachsen kann und möglichst viel Ertrag bringt, muss sie ausreichend Mineralstoffe erhalten. Früher hat man zum Düngen den Dung der Tiere (= Kot) verwendet. Daher kommt auch die Bezeichnung „Dünger“. Heute verwendet man neben solchen „Wirtschaftsdüngern“ vor allem mineralische Dünger. Flüssigdünger für Zimmer- oder Balkonpflanzen sind dafür gute Beispiele. Am Verschluss einer solchen Flasche finden wir oft Salzkristalle. Sie geben einen guten Hinweis auf die salzartigen Eigenschaften der Mineralstoffe. Die Pflanze nimmt sie in gelöster Form als Ionen zusammen mit Wasser durch die Wurzeln auf.

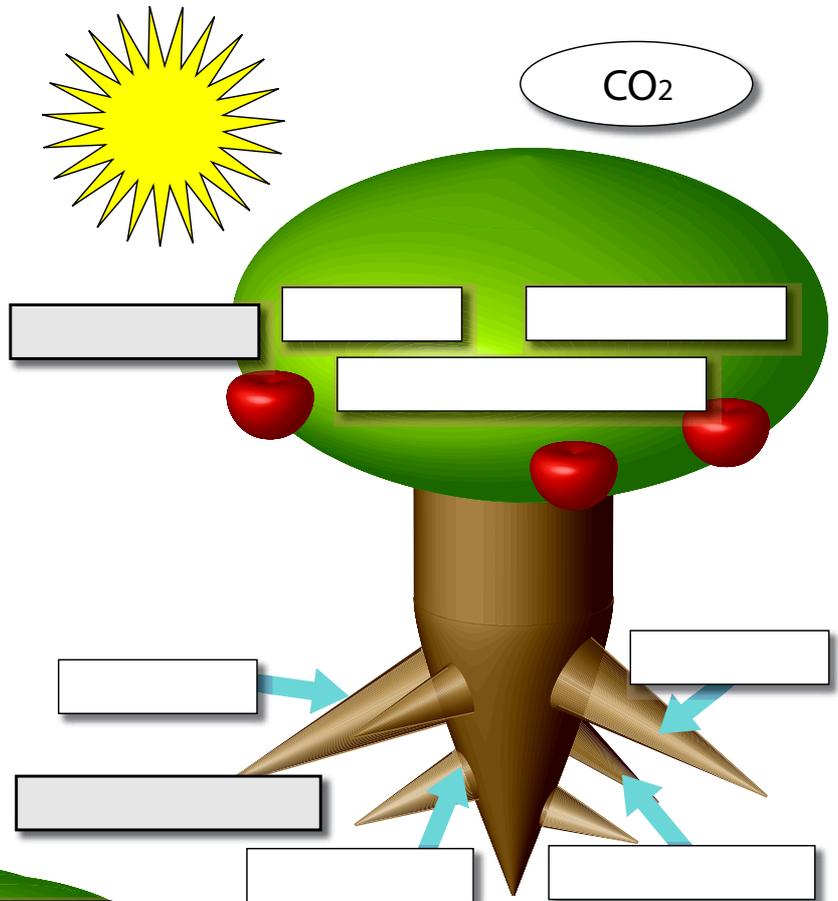
Lösungen zu Material 2

1. Die Raupe (das Tier, der Mensch) nimmt Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße) auf und besteht auch aus diesen Nährstoffen. Der Baum (die Pflanze) nimmt Mineralstoffe auf (Nitrat, Phosphat usw.) und produziert mithilfe des Sonnenlichts Nährstoffe (Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate) aus Wasser, CO₂ und den Mineralstoffen.
2. Man muss zwischen der Fachsprache und der Alltagssprache unterscheiden. Manchmal gibt es auch mehrere Fachsprachen: Dazu muss man die Position der jeweiligen Experten einnehmen, hier die der Fachleute pflanzlicher bzw. menschlicher Ernährung.

Nährstoff ist nicht gleich Nährstoff

Gärtner und Wissenschaftler, die sich vorwiegend mit den Bedürfnissen von Pflanzen beschäftigen, bezeichnen Mineralstoffe als Pflanzennährstoffe – kurz – als Nährstoffe. So steht es auch in vielen Gartenbüchern und auf Düngerpackungen. Wenn man es aus der Sicht der Pflanze sieht, ist diese Bezeichnung durchaus nachvollziehbar. Andererseits handelt es sich nicht um dieselben Nährstoffe, die Mensch und Tier für ihre Ernährung benötigen.

1. Bringe Ordnung in dieses Begriffs-Chaos und ergänze die Abbildungen.
2. Wie könnte man damit umgehen, wenn unterschiedliche Dinge gleich bezeichnet werden?



Abbildungen 12, 13: Pflanze und Tier nehmen unterschiedliche Stoffe auf.

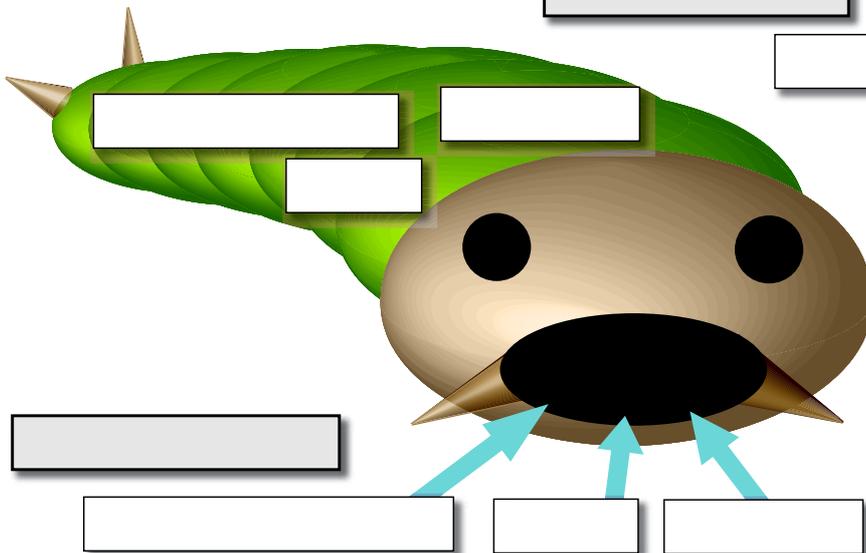


Tabelle 3: Mineralstoffe und ihre Rolle in der Ernährung von Pflanze, Tier und Mensch

Mineralstoff (Handelsname)	chemisches Element	Ionenform	Funktion in der Pflanze (Beispiele)	Rolle in der Ernährung von Mensch und Tier
Nitrat (Salpeter) Ammonium	N Stickstoff	NO_3^- NH_4^+	Ausgangsstoff für die Bildung von Aminosäuren	Als Mineralstoff für Mensch und Tier giftig
Sulfat	S Schwefel	SO_4^{2-}	Ausgangsstoff für 4 Aminosäuren	Als Mineralstoff in größeren Mengen ungesund
Phosphat	P Phosphor	PO_4^{3-}	Baustein für die Erbsubstanz	
Kali	K Kalium	K^+	Transportvorgänge	In ausgewogener Nahrung sind diese Mineralstoffe in ausreichender Menge vorhanden.
Eisen	Fe Eisen	Fe^{3+}	Energiegewinnung	
Magnesium	Mg Magnesium	Mg^{2+}	Photosynthese	
Kalk	Ca Calcium	Ca^{2+}	Zellwände	

Wieviele Menschen kann unser Garten ernähren?

Um abschätzen zu können, welche Fläche nötig ist, damit ein Mensch ein ganzes Jahr satt wird, kannst Du eine Modellrechnung durchführen. Dazu wird vereinfacht angenommen, dass es möglich wäre, sich ausschließlich von Kartoffeln zu ernähren. Diese Annahme ist gar nicht so abwegig, denn Kartoffeln enthalten alle wichtigen Nährstoffe (Tabelle 4), viele wichtige Vitamine und Mineralstoffe. Kartoffeln sind darüber hinaus sehr ertragreich. Die Erntemengen betragen etwa 40 t /ha. In Deutschland ist nur einmal im Jahr eine Ernte möglich. Kartoffeln sind lagerfähig.

Aufgaben:

1. Recherchiere im Internet über den Kartoffelanbau, die Geschichte der Kartoffel und die Gründe für die große Hungersnot in Irland 1879.
2. Rechne die Fläche aus, die benötigt wird, um eine Person deiner Größe, deines Alters und deines Geschlechts ein Jahr mit Kartoffeln satt zu machen und vergleiche mit der Fläche eures Schulgartens.
3. Könnte man mit einer Anbaufläche, die so groß ist wie ein Fußballfeld, die Spieler beider Mannschaften, die Schiedsrichter und deren Assistenten ein Jahr satt machen?
4. Bewerte den Anbau von Energiepflanzen (z.B. zur Erzeugung von Bioethanol oder Biodiesel für Kraftfahrzeuge oder zur Biogasherstellung) unter dem Aspekt der Ernährungssituation.
5. Recherchiere: Wieviel Mal größer muss die Anbaufläche sein, wenn ein großer Teil unserer Nahrung aus tierischen Produkten besteht?

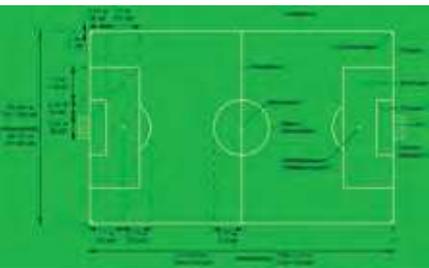


Abbildung 14: Fußballfeld
Länge 100-110 m,
Breite 64-75 m

Informationsquellen:

Brennwert / Energiegehalt	2930 kJ
Stärke (ein Kohlenhydrat)	150 g
Eiweiß	20 g
Fett	1g

Tabelle 4: Energie- und Nährstoffgehalte in 1 kg Kartoffeln (geschält, Durchschnittswerte)

Internetquellen:

- http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/merkblaetter_url_1_58.pdf
- ¹<http://jumk.de/bmi/grundumsatz.php>

Hilfen

z.B. weiblich, 160 cm, 50 kg
leichte Aktivität: 6800 kJ
2930 kJ/kg
Ertrag: 40 t/ha
40.000kg /10.000m² → 4kg/m²
z.B. 250 m²
100m x 70 m = 7.000m²

Für die Berechnung sind folgende Angaben nötig

1. Der tägliche Bedarf an Nahrung: Gesamtumsatz = Grundumsatz x Aktivitätsfaktor (in kJ)¹
2. Der Energiegehalt von Kartoffeln (in kJ pro kg)
3. Aus dieser Angabe lässt sich der durchschnittliche Kartoffelertrag pro m² berechnen:
4. Umrechnung von ha in m² und von Tonnen (t) in kg
5. Die Größe des Schulgartens
6. Größe des Fußballfelds

Lösungen:

2. Berechnung des jährlichen Nahrungsbedarfs: 6800 kJ/d x 365 d = 2.482.000 kJ
Kartoffeln (in kg) mit entsprechendem Energiegehalt : 248000 kJ : 2930 kJ/kg = 847,1 kg
Bedarf an m² für den Anbau 847,1 kg : 4 kg/m² = 211,8 m²
3. Es reicht, wenn die Spieler nicht zu groß und schwer sind und sich nicht so stark bewegen
5. Aufgrund der Energieverluste über die Nahrungskette muss mindestens mit der 5-fachen Fläche (Geflügel) bis zur 10-fachen Fläche (Mastschweine) gerechnet werden.

4. „Die Zuckermacher“ - Was Pflanzen aus Zucker alles produzieren können

Lissy Jäkel

Vom Zucker zum Eiweiß

Zucker herstellen kann jede Pflanze, der Zuckertang *Laminaria* im Meer ebenso wie alle Sprosspflanzen im Gartenbeet oder im Wald. Nicht jede ist so reich an Zucker wie die Zuckerrübe mit immerhin 18 % des Disaccharids Rohrzucker (Saccharose).



Abbildung 15: Zuwachs bei der Zuckerrübe

Die Zuckerrübe ist das Ergebnis eines langen Züchtungsprozesses. Die meisten höheren Sprosspflanzen transportieren die gebildeten Nährstoffe, die Assimilate, in den Siebröhren in Form gelöster Saccharose.

Andere Speicherkohlenhydrate können auch die aus sehr vielen Glucosemolekülen vernetzte Stärke (Kartoffel, Getreide, Scharbockskraut), der Einfachzucker Glucose selbst (Karotte) oder süße Polyfructane aus vernetzter Fructose sein (Schwarzwurzel, Artischocke, Topinambur, Wegwarte). In Früchten oder Samenanhängeln (Elaiosomen) verlocken Zucker wie Traubenzucker (Glucose) oder Fruchtzucker (Fructose) Ameisen u. a. kleine Tiere zur Samenverbreitung.

Um Eiweiße herzustellen brauchen Pflanzen als zusätzliches chemisches Element den *Stickstoff*, Kohlenhydrate als Energiequelle und eine entsprechende Enzymausstattung zur Stickstoffassimilation. Auch in Fette können die primären Assimilate umgewandelt werden.

Verstehenshürden bei Lernenden zu Fotosynthese und Pflanzenernährung

Aus der didaktischen Forschung ist bekannt, welche Schwierigkeiten Lernende damit haben, die Rolle der Pflanzen als Produzenten zu verstehen. Die Fotosynthese unterscheidet sich so grundlegend von der für Mensch und Tier üblichen Art und Weise, Nahrung zu sich zu nehmen, dass Analogien hier auch nicht taugen. Wie schwer dies selbst Fachleuten in biologierelevanten Berufen fällt, zeigt der widersprüchliche Gebrauch des Wortes „nährstoffreich“. Es ist ja gerade die besondere Leistung der Pflanzen, aus *energiearmen anorganischen* Stoffen (wie beispielsweise H_2O und CO_2 sowie anorganischen Salzen) *energiereiche organische* Stoffe herzustellen. Diese Stoffe dienen den Pflanzen selbst, aber auch Tieren oder Menschen als Nährstoffe.

Pflanzen sind *autotroph*, ernähren sich selbst. Wir dagegen sind auf deren produzierte Nährstoffe zwingend angewiesen, sonst würden wir verhungern. Nährstoffe sind *Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße*, sie sind *energiereiche organische* Stoffe.

Pfiffige Puffbohne

Als Beispiel einer Gartenpflanze mit besonders großen eiweißreichen Früchten und Samen ist die Ackerbohne geeignet. Diese alte Garten- und Kulturpflanze produziert dank Fotosynthese nicht nur Stärke oder Fette, sondern anteilig sehr *viel Eiweiß*. Wer besonders groß wird, ist umgangssprachlich „ausgepufft“. Die Ackerbohne (*Vicia faba*) wird allein im deutschen Sprachgebrauch auch *Dicke Bohne, Puffbohne, Feldbohne, Saubohne, Pferdebohne* genannt. Sie trägt international natürlich etliche weitere Namen, da sie weltweit angebaut wird.

Ordnung: Schmetterlingsblütenartige (Fabales)
 Familie: Hülsenfrüchtler (Fabaceae)
 Unterfamilie: Schmetterlingsblütler (Faboideae)
 Gattung: Wicken (*Vicia*)
 Art: Ackerbohne (*Vicia faba* L.)

Die Ackerbohne ist einjährig und kann so groß wie ein Mensch werden. Der aufrechte, unverzweigte Stängel ist vierkantig und eigentlich für Schmetterlingsblütler untypisch, hohl und kahl



Abbildung 16: historische Abbildung der Ackerbohne

(Vorsicht vor Verwechslungen mit Kennmerkmalen der Lippenblütler). Dieser hohle Stängel verleiht der Ackerbohne besondere Standfestigkeit, außerdem besitzt sie eine über ein Meter tiefe Pfahlwurzel. Ihre fleischigen Blätter sind paarig gefiedert und blass grünlichblau. Die Blütezeit liegt in den Monaten Juni bis Juli. Die fünf Kelchblätter sind röhrig verwachsen. Die fünf Kronblätter der Schmetterlingsblüten sind weiß mit je einem schwarzen Fleck auf den zwei Flügeln. Die abstehenden, 8 bis 20 cm langen Hülsenfrüchte (*keine Schoten*) sind unbehaart, anfangs grünlich, bei Vollreife braun bis schwarz und enthalten zwei bis sechs Samen. Die Farben der Samen reichen von hell rötlich-braun bis dunkel grünlich-braun oder purpurfarben, oft mit Flecken oder Punkten.

Weltweit sind über 50 Sorten bekannt. Seit dem Mittelalter tauchte im Anbau die großsamige Varietät auf, die heute weit verbreitet ist. Auch in Deutschland gibt es Regionen, in denen die großen „dicken Bohnen“ verzehrt werden (Dicke Bohnen mit Speck im Rheinland). Ackerbohnen-sorten mit relativ kleinen Samen werden verfüttert oder dienen der Gründüngung. In Deutschland wird vor allem die kleinsamige Ackerbohne (*Vicia faba L. var. minor*) angebaut. Dagegen dienen die großen „Dicken Bohnen“ ausschließlich der menschlichen Nahrung. Die Dicken Bohnen wurden in Mitteleuropa stark durch die Gartenbohne *Phaseolus* verdrängt.

Warum sind Ackerbohnen so reich an Eiweiß?

Die Ackerbohnen können mit im Boden lebenden Bakterien der Gattungen *Rhizobium* und *Bradyrhizobium* eine Symbiose eingehen. Dabei

infizieren die angelockten Bakterien die Wurzeln der Schmetterlingsblütler über die Wurzelhaare. Sie besiedeln dann Zellen der Wurzelrinde und verursachen eine Erhöhung des Ploidiegrades dieser Zellen, also eine Chromosomenverdopplung. Es bilden sich gut erkennbare Wurzelknöllchen. Die Bakterien kapseln sich dort ab und lassen sich von der Wirtspflanze mit Assimilaten versorgen. Die Bakterien binden den gasförmigen Stickstoff aus der Luft, der im lockeren Boden zwischen die Bodenpartikel dringt, und wandeln ihn mithilfe des Enzyms Nitrogenase in gebundenen Stickstoff um. Dieser gebundene Stickstoff kann von den Wirtspflanzen für die Stickstoffassimilation verwendet werden. Die Symbiose mit Bodenbakterien verbessert also die Stickstoffversorgung der Pflanzen, kostet sie aber einen Teil der durch Fotosynthese gebildeten Biomasse. Früchte von Schmetterlingsblütlern sind daher besonders eiweißreich und bilden im Ernährungskreis des Menschen das Segment Hülsenfrüchte.

Heimische Hülsenfrüchte nutzen - ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung

Inwieweit hat die Nutzung regional wachsender Schmetterlingsblütler etwas mit BNE zu tun? Diese Frage sollte durchaus auch mit den Schülern diskutiert werden. Heimische Hülsenfrüchte sind wertvolle eiweißreiche Nahrungsmittel. Im Unterschied zur nicht heimischen Soja

- ist eine Ergänzung von Beiprodukten zur Versorgung mit ausreichend Calcium-Ionen nicht erforderlich,
- wird dem weltweiten Anbau gentechnisch veränderter Organismen kein Vorschub geleistet,
- wird dem Verlust von Flächen zum Anbau regional bedeutsamer Lebensmittel auf dem amerikanischen Kontinent und in Asien entgegen gewirkt.

Durch Ackerbohnen wird die Bodenqualität gezielt verbessert und der Einsatz leicht auswaschbarer mineralischer Dünger vermieden (Ackerbohnen werden auch im Biolandbau gezielt eingesetzt). Die nach der Ernte im Boden verbleibenden Knöllchen der Pflanzenwurzeln enthalten gebundenen Stickstoff, der nachfolgende Kulturen düngt. Nach Informationen der Fach-



Abbildung 17:
ausgegrabene
Wurzelknöllchen der Acker-
bohne in Wasser



Abbildung 18:
Querschnitt durch ein Wur-
zelknöllchen eines
Schmetterlingsblütlers

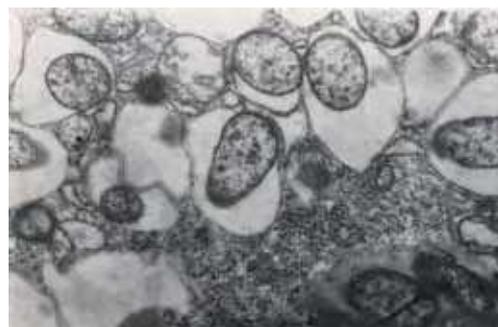


Abbildung 19:
abgekapelte Bakterien in einer Zelle eines
Wurzelknöllchens (elektronenmikroskopische
Aufnahme)

agentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) binden Ackerbohnen 50-650 kg Stickstoff pro Hektar. Der Ernteertrag von Ackerbohnen liegt bei 30 bis 70 dt/ha. Die geernteten Samen bzw. Hülsen haben einen Rohproteingehalt von 25-30 %. Damit zählen Ackerbohnen neben Eiweiß-Erbse und Lupine zu den bedeutendsten in Deutschland angebauten Proteinpflanzen. Sie werden für biologisch abbaubare Werkstoffe wirtschaftlich verwendet.

Ackerbohnen sind ein guter Ansatzpunkt für interkulturelle Betrachtungen. Ihre Nutzung trägt zum Erhalt der genetischen Vielfalt bei Kulturpflanzen bei, die weltweit gefährdet ist. Dicke Bohnen, die im ganzen Mittelmeergebiet verbreitet sind, gehören zu den ältesten und immer noch beliebtesten Bohnen der Welt. Sie sind Zutaten zu Suppen oder Salaten. Sie kommen am Mittelmeer im Frühjahr frisch geerntet auf den Markt oder sind das ganze Jahr über getrocknet zu kaufen. Trockene Bohnen müssen mindestens $\frac{1}{2}$ Tag im kalten Wasser einweichen, bevor sie gekocht werden.

Lernsituationen zur Ackerbohne

Für den Anbau im Schulgarten eignen sich eher die kleinsamigen Sorten. Beim Verkosten kann man sie durch handelsübliche Dicke Bohnen ergänzen; sie werden in jedem Bioladen oder mediterranen Feinkostläden gehandelt. Schüler sollten die Chance haben, zubereitete Bohnen zu kosten ([Material 4](#)). Beim Arbeiten im Schulgarten kann zugleich an der Festigung der Kennmerkmale der Familie der Schmetterlingsblütler gearbeitet werden. Der weltweite Anbau und die Ansprüche an den Standort werden erörtert (Bodenprobe, Lichtintensität) bzw. mit einfachen Methoden vor Ort untersucht.

Dicke Bohnen eignen sich außerdem hervorragend im Unterricht für die Untersuchung der Samenkeimung. Am besten werden sie zum Quellen in Wasser eingeweicht, bevor man sie untersucht oder in die Erde legt (im Blumentopf oder im Schulgarten). Wegen der geringen Chromosomenzahl eignet sich die Ackerbohne bestens für die Chromosomenpräparation und die Darstellung der Mitosestadien bei der Zellteilung ([Material 4](#)).



Abbildung 20:
Hülsenfrüchte als Grundnahrungsmittel auf einem Markt in Marokko

Anbau von Ackerbohnen im Schulgarten

Der günstigste Aussattermin für Ackerbohnen liegt im März. Ackerbohnen vertragen im Jugendstadium niedrige Temperaturen (2°C), wie sie im März häufig noch auftreten. Die Aussaat kann frühestens Ende Februar beginnen und sollte Mitte März abgeschlossen werden. Damit sind Ackerbohnen viel eher auszusäen als die bekannten Gartenbohnen (*Phaseolus*), die keinerlei Frost vertragen und nicht vor dem 15. Mai gelegt werden sollten.

Die Samen der Ackerbohne werden 8 cm tief im Boden versenkt. Da Ackerbohnen gern frei und sonnig stehen, eignen sie sich als Schutzpflanzen am Rande von Beeten mit windempfindlichen Pflanzen wie Gurken oder Melonen. Man kann Ackerbohnen auch auf einem Beet ansäen, dessen Bodenqualität man verbessern möchte. Ackerbohnen bevorzugen mittlere bis schwere Böden oder brauchen bei leichten Böden eine Humusgabe und ausreichende Wasserversorgung. Aus dem Schulgarten ist die Ernte im Sommer zu erwarten.



Abbildung 21:
Ackerbohnen im Schulgarten

Leckere Rezepte mit dicken Bohnen



Abbildung 22:
Ackerbohnen roh und gekocht,
Bohnengericht Bissara

Bissara

Dipp ähnlich dem bekannten Hummus aus Kichererbsen im nahen Osten

Zutaten:

- 1 kg dicke Bohnen, geschält
- 4 El Zitronensaft
- 5 El Olivenöl
- ¼ Tl Salz
- ½ Tl gemahlener Kreuzkümmel (Kumin)
- 2 Tl gehackte glatte Petersilie

Die weich gekochten Bohnen (dies geht bei frischen Bohnen innerhalb weniger Minuten, bei eingeweichten trockenen Bohnen etwas länger) werden püriert. Dabei beginnt man erst mit einem Teil der Bohnen und gibt den Rest später hinzu. Zum Mixer werden wenige Teelöffel Kochwasser sowie der Zitronensaft und später das Olivenöl zugegeben. Zum Abschluss kommen die Gewürze dazu.

Der Dipp kann mit rohen Gemüsestücken oder mit Fladenbrot gegessen werden.

Vorspeise

mit Paprika und Ziegenfrischkäse

Zutaten:

- 500 g dicke frische Bohnen
- 4 rote Paprika
- 250 g Ziegenfrischkäse (oder anderen Frischkäse)
- 2 Tl Oregano getrocknet
- 3 El Olivenöl
- Salz, Pfeffer
- 1 Zitrone
- 4 Knoblauchzehen
- Thymian, Petersilie

Gegrillte rote Paprika sowie 2 min gekochte frische dicke Bohnen (ohne Hülse) werden in einer Marinade aus Zitronensaft, zerdrückten Knoblauchzehen, Oregano und Olivenöl, Salz und Pfeffer angerichtet. Dazu gibt man Bällchen aus Frischkäse oder Ricotta, die man mit Petersilie und Thymian garniert.

Die Ackerbohne macht's möglich:

1. Chromosomen entdecken

Lasse Ackerbohnen quellen und keimen. Schneide die wenige Millimeter langen Keimwurzeln vorsichtig ab und lege sie für einige Stunden oder über Nacht in ein Gläschen mit Alkohol. Lagere die so „fixierten“ Wurzeln nun in 70%igem Alkohol bis zur weiteren Verwendung.

Färbe die Wurzelspitzen mit Karminessigsäure. Dazu wird eine einzelne Wurzel in einem Tropfen Karminessigsäure auf einen Objektträger gelegt und mehrfach durch die Flamme eines Brenners gezogen. Die verdunstende Karminessigsäure wird mehrfach wieder zetropt. Nun lässt man den Objektträger kurz abkühlen, legt ein Deckglas auf die rot gefärbte Wurzel und drückt mit dem Fingernagel vorsichtig die Wurzelspitze unter dem Deckglas breit. Nun wird mikroskopiert.

1. Sind Zellteilungsstadien erkennbar?
2. Wie viele Chromosomen hat die Ackerbohne?

2. Wurzelknöllchen finden

Grabe Pflanzen der Ackerbohne oder eines anderen Schmetterlingsblütlers aus dem Schulgarten vorsichtig aus und spüle sie! Betrachte die Wurzelknöllchen. Fertige einen mikroskopischen Querschnitt an!

- Welche Farbe haben die Wurzelknöllchen innen?

3. Nitrat aufspüren

Teste die Knöllchen mit Nitratteststäbchen aus dem „Wasser-“ oder dem „Bodenkoffer“.

- Lässt sich Nitrat nachweisen?

Lösungen

- 1.2: Die Chromosomenzahl ist $2n = 12$; ähnlich geeignet ist die Erbse *Pisum sativum*, ein aus der klassischen Genetik bestens bekanntes Objekt, mit $2n = 14$.
- 2: mit Rhizobien infizierte Wurzelknöllchen färben sich innen leicht rosa.

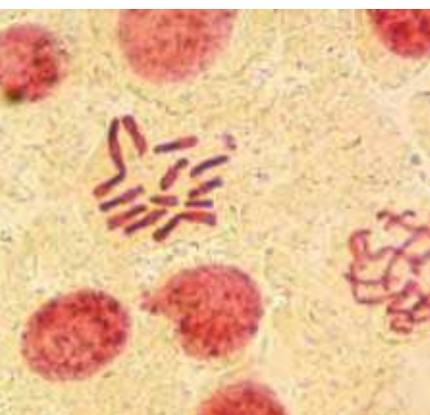


Abbildung 23:
Mikroskopie der gefärbten
Chromosomen der Ackerbohne
Vicia faba aus deren
Wurzelspitzen

5. Reserven für harte Zeiten: Speicherung von Nährstoffen in Pflanzen

Lissy Jäkel

Meister der Nährstoffspeicherung: Frühjahrsgeophyten

Kostbare Nährstoffe zu produzieren ist die erste Kunst der Pflanzen - sie aber zum rechten Zeitpunkt zu mobilisieren eine andere. Vor dieser Problemstellung stehen auch die Menschen und Tiere. Hier kann man der Natur noch viel abschauen.

In menschlichen Haushalten gehen viele Vorräte durch mikrobiologischen Verderb, durch chemische Umwandlungen oder durch Fraßkonkurrenten verloren. Zuckerhaltige Säfte gären, Butter wird ranzig oder feuchtes Brot schimmelt. Und manche Vorräte sind auch aufgebraucht, bevor Nachschub beschafft werden kann.

Die Natur überrascht immer wieder mit originellen Lösungen. Zucker ist eine wunderbare Transportform für chemisch gebundene Energie, im menschlichen Blut wie im pflanzlichen Körper, gelöst in Wasser. Aber Zucker sind auch riskant - süße reife Kirschen platzen bei Regen. Die osmotisch wirksamen Zucker werden zur Speicherung in Pflanzenorganen oft zu Stärke vernetzt. Dieses höhermolekulare Kohlenhydrat kann man gefahrlos speichern und später wieder in Zuckerspalten.

Zur Vermeidung von Fraß- oder Frostschäden sind solche Speicherorgane besser unter als über der Erde aufgehoben. Im Schulgarten findet man etliche Pflanzen mit Knollen, Rhizomen oder dicken Wurzeln. Manche wilden Rüben oder Knollen haben die Menschen ausgebuddelt. Einige waren Vorläufer von Züchtungen in aller Welt zum Nährstoffgewinn, wie Kartoffel, Topinambur, oder sogar die Nachtkerzen *Oenothera*. Manche Rüben aber sind uns durch Fraßgifte vergällt: Die heimische Zaunrübe können wir nicht essen. Auch der giftige heimische Aronstab, früher eine Stärkequelle in Notzeiten, ist inzwischen durch bekömmliche Nutzpflanzen ersetzt.

Durch die Orientierung auf heimische wilde Pflanzen wird die Perspektive auf einen manch-

mal übersehenen Aspekt gerichtet: Die Menschen nutzen seit 2 Millionen Jahren das, was die Pflanzen eigentlich *für sich selbst* produziert und gespeichert haben. Menschen haben in diesem Zeitabschnitt Kulturtechniken der Nutzung solcher Nährstoffspeicher perfektioniert und über Züchtungen eine große Zahl von Kulturpflanzen abgeleitet.

Die wilden Pflanzen sind aber auch weiterhin erhaltenswert. Sie sind ja nicht nur genetische Ressource für weitere Züchtungen, sondern unverzichtbare (manchmal unscheinbare) Elemente in einem lokalen wie globalen ökologischen Netz.

Ein Wildpflanzen-Gourmet sollte sich auskennen

Ein Bärlauch-Pesto schmückt die Speisekarte vieler Restaurants. Diesem Trend zum Genuss von Bärlauch folgt auch so mancher Laienkoch. Jedes Jahr kommt es zu bösen Vergiftungen beim Sammeln von Bärlauch. Der Griff nach ähnlichen Blättern von Herbstzeitlose, Aronstab (Abbildung 26) oder Maiglöckchen, die mit dem Bärlauch vergesellschaftet sein können, kann tödlich enden. Der Bärlauch und seine gefährlichen Doppelgänger sind einkeimblättrig mit schlanken lanzettlichen Laubblättern. Genaue Artenkenntnis ist manchmal also doch überlebenswichtig. Die auf feuchten Wiesen heimische Herbstzeitlose bildet ein Zellteilungsgift. Der Aronstab produziert giftige Alkaloide und Oxalsäure. Alle Pflanzenteile des Maiglöckchens enthalten starke herzwirksame Glykoside.

Die Sammelleidenschaft für würzigen Bärlauch mit dem schwefelhaltigen Inhaltsstoff Allicin sollte auch vernünftig befriedigt werden, ohne gleich einen Kahlschlag in der Natur zu hinterlassen. Hat man Bärlauch auf gutem Boden im Schulgarten beheimatet, kann man ihn gefahrlos ernten. Nach zwei Jahren vermehrt er sich auch über Samen.



Abbildung 24: Bärlauch aus dem Schulgarten – eine würzige Zutat für Quark, Pesto oder Suppen

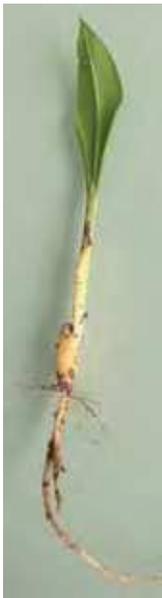


Abbildung 25: Der heimische Bärlauch ist seit wenigen Jahren auch als Wirtschaftsfaktor von Bedeutung: Ganze Pflanze mit Blättern, Speicherzwiebel und Wurzeln



Abbildung 26: Bärlauch (gelbe Pfeile) und giftiger Aronstab (rote Pfeile) leben im gleichen Biotop.

Heimische Frühblüher - was hat das mit Zwiebeln zu tun?

Der Bärlauch *Allium ursinum* wird wohl im Frühjahr von Bären als Vitaminspender geschätzt. Frische Blätter direkt vor Ort sind auch für Menschen köstlich. Die Zwiebel hat nur ein Blatt, kann sich aber wunderbar vegetativ vermehren.

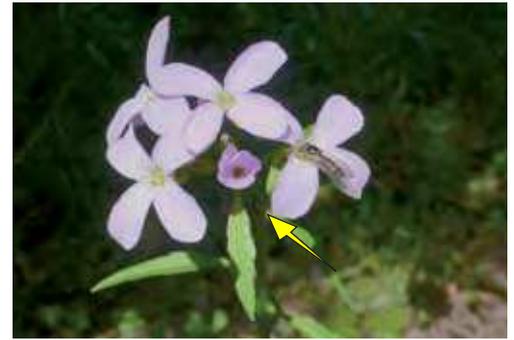


Abbildung 27: Die Zwiebelzahnwurz bildet typische Kreuzblüten. Pfeil: Brutzwiebel

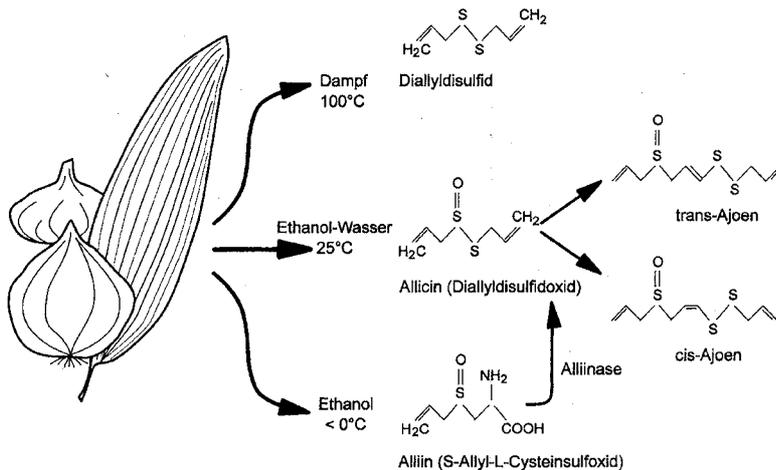


Abbildung 28: Inhaltsstoffe von Zwiebelgemüsen (nach Block 1985 modifiziert)

Der typische Duft des Lauchs wird erst bei Verletzung der Zellen freigesetzt, also wenn man Blätter abreißt oder kleinschneidet. Dann entsteht aus chemischen Vorstufen das Allicin. Es reizt nicht nur zu Tränen, sondern wirkt im Magen nachweislich antibakteriell. Dieses Allicin bilden natürlich auch andere Vertreter der Gattung *Allium* wie Küchenzwiebel oder Knoblauch.

Im Alltag sind viele falsche Annahmen über Speicherorgane verbreitet. Krokusse beispielsweise bilden Knollen und keine blättrigen Zwiebeln.

„Zwiebel“ oder „Lauch“ im Namen – und doch keine Zwiebeln

Kein Zwiebelgewächs ist die Knoblauchsrauke *Alliaria petiolata*. Sie duftet ein wenig nach Knoblauch, wenn man an frischen Laubblättern reibt. Sie ist aber ein Kreuzblütler. Man nennt sie auch Lauchhederich.

Und noch eine „falsche“ Zwiebel: Die Zwiebel-Zahnwurz *Dentaria bulbifera* heißt zwar „Zwiebel tragend“, duftet aber nicht nach Allicin. Sie ist ein Kreuzblütler wie die Knoblauchsrauke, bildet aber Brutzwiebeln in den Blattachseln zur vegetativen Vermehrung.

Die Familie der Hahnenfußgewächse

Im Kreis der heimischen Frühblüher sind mehrere Pflanzenfamilien vertreten; die Hahnenfußgewächse sind dabei mit sehr vielen Arten präsent (Material 5). Evolutionsbiologisch ist die Gruppe wohl recht alt und ursprünglich. Kennmerkmale sind eine sehr große Zahl von Staubblättern und meist auffällige Blütenhüllblätter. Bei manchen Arten ist die Blütenhülle nur einfach, bei anderen doppelt gebildet, also mit unterscheidbaren Kelch- und Kronblättern. Hahnenfußgewächse (*Ranunculaceae*) haben in der Regel zahlreiche Fruchtblätter in einer Blüte, im Unterschied zur allgemein bekannten Kirschblüte mit nur einem Fruchtblatt. Hahnenfußgewächse bilden daher häufig viele Balgfrüchte oder Nüsschen aus einer Blüte. Ein Balg ist eine Frucht, die nur an einer Seite aufspringt, um die Samen frei zu lassen.

Zu den Hahnenfußgewächsen gehören zum Beispiel die gelb oder weiß blühenden Arten von Anemonen sowie das Scharbockskraut und das wunderschöne blaue Leberblümchen, aber auch die schützenswerte Sumpfdotterblume. Innerhalb der Familie der Hahnenfußgewächse gibt es nicht nur Frühblüher; auch die Waldrebe, der allgegenwärtige Kriechende Hahnenfuß oder der alpine, hochgiftige Eisenhut gehören zu dieser vielgestaltigen Familie. Typisch sind nicht nur Gestaltmerkmale, sondern auch wirksame Inhaltsstoffe (Alkaloide wie Protoanemonin u.a.).

Für das Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) weiß schon der Name eine Geschichte zu erzählen: Es wirkt gegen den Scharbock (Skorbut), wächst da wo der Frosch (*Rana*) springt und bildet Speicherknollen in Form länglicher Feigen (*Ficus*).



Abbildung 29: Blühende Knoblauchsrauke



Abbildung 30:
Knollen beim Scharbockskraut



Abbildung 31:
Scharbockskraut und Bärlauch - zwei wild wachsende Vitaminspender im Schulgarten



Abbildung 32:
Scharbockskraut mit gelben Honigblättern

Leckerbissen für Ameisen

Die Früchte vieler Frühblüher, zum Beispiel die Schoten des Lerchensporns, sind äußerlich unscheinbar. Die spannenden Details eröffnen sich beim Blick ins Innere der Früchte. Die Samen tragen ein köstliches und energiereiches Anhängsel, so genannte Elaiosomen. Dies ist eine Investition zur Samenverbreitung, wohl eine evolutive Anpassung zwischen Pflanzen und Tieren. Elaiosomen verlocken so dicht über dem Erdboden vor allem Ameisen, die Samen mit sich zu schleppen und sie so zu verbreiten. Elaiosomen findet man beispielsweise bei Anemonen oder später im Jahr auch bei Taubnesseln oder dem Schöllkraut. Gut

erkennbar sind sie beim Lerchensporn: Sucht man den Garten nicht nur einmal, sondern mehrfach auf, werden fruchtende Frühblüher zu finden sein.

Die Gattung Lerchensporn hält noch weitere Überraschungen bereit: Will man einen Hohlen Lerchensporn unterscheiden, muss man unter die Erde schauen. Im Schulgarten ist dies möglich, in einem Naturschutzgebiet natürlich nicht. Die kartoffelgroße Knolle des Hohlen Lerchensporns ist wirklich hohl, die erbsengroße Knolle des Gefingerten Lerchensporns ist nicht hohl.



Abbildung 33:
Knolle des hohlen Lerchensporns



Abbildung 34: Hohler Lerchensporn, links blühend, rechts mit Früchten (Schoten)



Abbildung 35:
Geöffnete Schote des Lerchensporns mit Samen, daran die Elaiosomen (Pfeil)



Abbildung 36:
Nachweis von Glucose an den Elaiosomen des Lerchensporns

Bezüge zum Bildungsplan

Die unterrichtlichen Vorschläge ordnen sich drei wesentlichen Kompetenzen der nationalen Bildungsstandards für Naturwissenschaften unter:

- Kompetenzen der Orientierung in der biologischen Vielfalt stärken,
- Kompetenzen im Erkenntnisgewinn entwickeln am Beispiel von Experiment und Mikroskopie,
- Biotope mit heimischen Pflanzen pflegen und erhalten.

Die Bildungsstandards Biologie Baden-Württembergs für Klasse 6 bieten zum Kompetenzerwerb durch Arbeit in Schulgarten oder Schulumfeld zahlreiche Anhaltspunkte, u. a.:

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Aufbau von Blütenpflanzen, die Funktion der Pflanzenorgane, den zeitlichen Ablauf und die Bedingungen wichtiger pflanzlicher Lebensvorgänge beschreiben;
- verschiedene Blütenpflanzen [...] sowie Kulturpflanzen aus ihrer direkten Umgebung an charakteristischen Merkmalen erkennen;
- einen einfachen Bestimmungsschlüssel auf unbekannte (Tiere und) Pflanzen anwenden;
- Ähnlichkeiten im Bau bei Pflanzen und Tieren erkennen, als Zeichen der Verwandtschaft deuten und einen Zusammenhang zur Geschichte der Lebewesen herstellen;
- an Beispielen die Gefährdung einheimischer Tier- und Pflanzenarten erläutern und Schutzmaßnahmen aufzeigen (Artenschutz);
- Phänomene aus der belebten Natur beschreiben und einfache Erklärungen finden. Sie können einfache Experimente unter Anleitung durchführen und die Ergebnisse protokollieren.

Die Bildungsstandards im Bildungsplan für Klasse 8 sehen folgende konkrete Aspekte vor:

Die Schülerinnen und Schüler können

- erklären, dass bei der Fotosynthese Lichtenergie in chemische Energie umgewandelt wird;
- qualitative und quantitative Experimente zum Gaswechsel und zur Stärkesynthese bei der Fotosynthese durchführen;
- die Wortgleichung der Fotosynthese angeben.

Didaktischer Kommentar

Bei den übergeordneten Kompetenzen im Bildungsplan für Gymnasien Baden-Württembergs wird beim „Erkennen und Verstehen der Natur“ im Fach Biologie auf das Analysieren und Verstehen von *Zusammenhängen* zwischen verschiedenen Systemebenen verwiesen. Dies liegt vor allem in der besonderen Komplexität des Lebendigen begründet. Die nachfolgenden Unterrichtsvorschläge verbinden traditionell im Klassenraum erarbeitete Phänomene mit dem Kontext des Lebendigen *vor der Schule* sowie mit Alltagszusammenhängen menschlicher Erfahrungsräume.

Dem *Experimentieren als Erkenntnismethode* wird ein besonderer Stellenwert eingeräumt. Wir verstehen das Experiment als einen durch Hypothesen geleiteten Prozess, der zum aktiven Denken und Planen anregt, praktisches Tun erfordert und vor allem über die Reflexion weitere Erkenntnisprozesse anstößt. Wenn derartige Problemlöseprozesse und aktive Planungen durch die Schülerinnen und Schüler nicht intendiert sind, sollte man besser nur von „Versuch“ sprechen.

Naturwissenschaftliche Grundbildung und modernes Artenwissen

Wir stehen im Prozess der Bildung immer wieder vor der Frage: Wie werden Arten so vermittelt, dass naturwissenschaftliche Grundbildung entstehen kann? Wie werden Zusammenhänge zu Ernährungsbildung und Gesundheitshandeln aufgezeigt, die an reguläre Themen des Unterrichts sinnvoll andocken?

Artenwissen bedeutet nicht, möglichst viele Tier- und Pflanzenarten namentlich als Fakten zu kennen, sondern Wissen über Organismen, Lebensansprüche und Zusammenhänge realitätsnah anzuwenden. Konzeptuelles und prozedurales Artenwissen ist im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung die Fähigkeit, mit den Kenntnissen über Tiere, Mikroorganismen, Pilze und Pflanzen ökologische Zusammenhänge zu erfassen, zu interpretieren und möglichst nachhaltig zu beeinflussen. Es geht also nicht um Klassifikation an sich, sondern um Kompetenzen der Orientierung mit der Option zum sinnvollen Umgang in möglichst nachhaltiger Weise, für den eigenen Körper wie für die vielfältigen Organis-



Abbildung 37:
Das Labor Garten wird für
Unterricht genutzt.

men. Im Ergebnis des Erhalts von Biotopen mit Wildpflanzen kann man jedes Frühjahr im Garten wunderschöne Blüten mit bestäubenden Insekten beobachten und sich im Sommer unter dem schattigen Blätterdach heimischer Laubbäume und Sträucher einen Lernraum mit kühlem Kopf bewahren. Die klopfenden Spechte, schmetternden Mönchsgrasmücken oder Laubsänger und zahlreichen anderen Mitbewohner stören einen Unterricht im „Grünen Klassenzimmer“ kaum. Der Garten ist ein Ort, an dem durch vernünftige Gestaltung unserer Umwelt Verantwortung übernommen werden kann.

Ordnung ist das halbe Leben?

Beim Vergleichen von Lebewesen gehen junge Schülerinnen und Schüler zunächst spontan vor, ohne die Kriterien zu reflektieren. Häufig werden unterschiedliche Kriterien gleichzeitig angewendet. Durch das Bewusstmachen der Kriterien erwerben Schülerinnen und Schüler die Kompetenz, nach eindeutigen Kriterien zu ordnen. Das ist nicht nur, aber auch für biologische Systeme von Bedeutung. Die Anzahl der zu untersuchenden Tier- oder Pflanzenfamilien kann in der Schule je nach Stundentafel variabel gestaltet werden. Grundsätzlich reicht es jedoch nicht aus, den Aufbau nur einer Pflanze aus einer Pflanzenfamilie (oder eines Tieres) zu besprechen. Die charakteristischen Merkmale einer Gruppe wer-

den aus dem Vergleich mehrerer verschiedener Vertreter abgeleitet.

Gesundheitsbildung in Abkehr von Belehrung und Verunsicherung ist zunehmend auf die Stärkung der Persönlichkeit der Schülerinnen und Schüler gerichtet. Dies erfordert weniger ein eigenes in sich geschlossenes Stoffgebiet, sondern das Aufgreifen der in fast allen Bereichen der Biologie und der in anderen Fächern gebotenen Möglichkeiten inhaltlicher Anknüpfung. Aspekte von zentraler Bedeutung für das Lebendige immer wieder zu thematisieren, auch in bisher ungewohnten Kontexten, ist ein Schlüssel des Erfolgs. Der Schulgarten und das Schulumfeld bieten zu jeder Jahreszeit reizvolle Möglichkeiten. Der Vorschlag 1 beginnt daher mit dem zeitigen Frühjahr.

Lernsegment 1: Orientierung in der Vielfalt - Was blüht denn da so früh?

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen im Schulumfeld oder Schulgarten die Blüten von standortgerechten heimischen Frühblüher. Sie gehen der *Problemfrage* nach, warum diese Pflanzen bereits vor dem Laubaustrieb der Bäume blühen und woher sie dazu die Energie nehmen. Sie vergleichen die unscheinbaren Wildpflanzen mit handelsüblichen gezüchteten Frühjahrsbo-

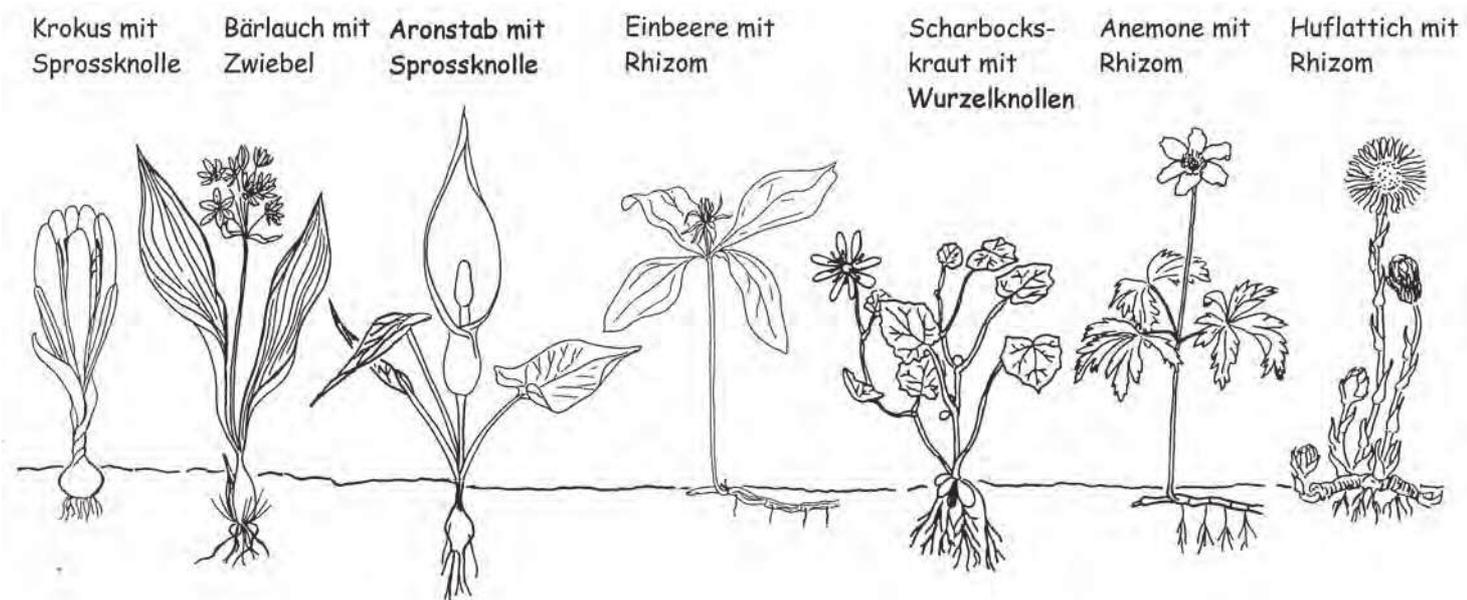


Abbildung 38: Frühblüher (Frühjahrsgeophyten) mit ihren unterirdischen Speicherorganen

Heimische Frühblüher aus verschiedenen Pflanzenfamilien



Abbildung 39:
Scharbockskraut, *Ranunculus ficaria*, Knollen



Abbildung 41:
Scharbockskraut, *Ranunculus ficaria*, Blüte



Abbildung 43:
Leberblümchen, *Hepatica nobilis*



Abbildung 45:
Buschwindröschen, *Anemone nemorosa*



Abbildung 47:
Gelbes Windröschen, *Anemone ranunculoides*

Hahnenfußgewächse

Amaryllisgewächse



Abbildung 40:
Bärlauch, *Allium ursinum*

Mohngewächse



Abbildung 42:
Gefingertes Lerchensporn, *Corydalis solida*

Raublattgewächse



Abbildung 44:
Lungenkraut, *Pulmonaria officinalis*

Germergewächse



Abbildung 46:
Einbeere, *Paris quadrifolia*

Korbblütengewächse



Abbildung 48:
Huflattich, *Tussilago farfara*

ten. Sie unterscheiden die Klassifikationssysteme nach Lebensform (Frühblüher) von einer auf Verwandtschaft beruhenden Klassifikation nach Familien. Sie lernen genießbare Arten (wie Bärlauch) sicher von giftigen (wie Aronstab) oder ungenießbaren Arten an eindeutigen Kennmerkmalen zu unterscheiden.

Die Schülerinnen und Schüler versuchen zunächst, die ihnen noch unbekannt Pflanzen durch Analyse der Blüten oder weiterer Merkmale zu identifizieren. Dazu benutzen sie echte Bestimmungsliteratur (die nicht nur nach der Blütenfarbe fragt) oder bilden eigene Schlüssel aufgrund von Merkmalen. Sie sollten mit Kelchblättern, Kronblättern, Staubblättern und Fruchtblättern (mit Narbe, Griffel, Fruchtknoten) besser vertraut sein. Die Schülerinnen und Schüler erwerben aber auch Fähigkeiten, die Pflanzen in der Form und Anordnung der Laubblätter (parallelnervig, netznervig, geteilt, ungeteilt, ganzrandig, gesägt) oder Inhaltsstoffen der Pflanzen zu beurteilen. Sie erkennen, dass auch unterirdische Pflanzenteile für die Bestimmung und die Lebensprozesse der Pflanzen unverzichtbar sind. An den Blattnarben kann man die Rhizome als unterirdische Sprosse von Wurzeln unterscheiden.

Die Schülerinnen und Schüler differenzieren ein- und zweikeimblättrige Pflanzen (Schneeglöckchen oder Bärlauch sind einkeimblättrig).

Sie ergänzen ihre Betrachtungen zum Bau der Pflanzen um einfache Untersuchungen zu Lebenserscheinungen wie Nährstoffproduktion durch Fotosynthese und Nährstoffspeicherung sowie zu ökologischen Anpassungen (Standort, Blütezeit, Samenverbreitung durch Insekten mit Elaiosomen und Nährstoffspeicherung).

Die Schülerinnen und Schüler prüfen Pflanzenteile auf Inhaltsstoffe wie Stärke, Zucker, Fette, Vitamin C und messen Temperatur- und Lichtintensität.

Mit dem Scharbockskraut, den heimischen Anemonen, dem Leberblümchen (Hahnenfußgewächse) oder der Knoblauchsrauke (Kreuzblütler) und dem Bärlauch (Zwiebelgewächs) lernen die Schülerinnen und Schüler konkrete Arten

individuell kennen und bereichern so ihre Identifikationsmöglichkeiten mit den jahreszeitlichen Schönheiten des Heimatraumes. Sie erkennen, dass z. B. die Knoblauchsrauke in die gleiche Familie wie die (im vorherigen Unterricht besprochene) Rapsblüte gehört. Sie verinnerlichen Kennmerkmale wie knoblauchähnlicher Geruch, weiße Blütenhülle (Kreuzblüte) oder ungeteilte, herzförmige Laubblätter.

Die Schülerinnen und Schüler können nun kriterienstet ordnen und mehr als zwei Ordnungssysteme bilden.

Sie können Struktur-Funktions-Zusammenhänge zwischen dem Aufbau der Blüte und Bestäubern oder der Verbreitung von Samen über Anhängsel für Ameisen (Elaiosomen) herstellen. Sie erkennen ökologische Anpassungen von Frühblüher im Hinblick auf den abiotischen Faktor Licht.

Die wichtigste Kompetenz aber ist: Die Schülerinnen und Schüler üben ganz konkrete Maßnahmen zum Erhalt von Standortfaktoren für heimische schützenswerte Organismen. Ein Hauptproblem ist die Bodenversiegelung. Versiegelung aufhalten oder aufbrechen bedeutet konkreten Artenschutz.

Lernsegment 2 Nährstoffspeicherung - live

An die Schwerpunkte der Klasse 6 schließen die Vorgaben des Bildungsplans Gymnasium Klasse 8 mit dem Schwerpunkt Fotosynthese nahtlos an. Man kann und sollte das Thema Frühblüher also wieder aufgreifen und hierfür das „Labor Schulgarten“ nutzen.

Die Schülerinnen und Schüler kennen in der Regel den klassischen Stärkenachweis mit Iodkaliumiodidlösung und haben im Kontext von Fotosynthese bereits Versuche (z.B. Stärkenachweis im Blatt, Sauerstoff mit Glimmspanprobe) durchgeführt. Anhand des Problems „Wo sind die Nährstoffe der Frühblüher im Garten“ wird Wissen angewandt, das die grundlegende Bedeutung von Stoff- und Energieumwandlung für pflanzliche (wie tierische und menschliche) Lebensvorgänge verdeutlicht.



Abbildung 49:

Zum Nährstoff- oder Vitaminnachweis in der Zwiebel des Bärlauchs können Teststäbchen verwendet werden. Es gibt Zeiten, in denen die Speicherstoffe aufgezehrt sind.



Abbildung 50: Labor Garten - das Scharbockskraut hat bereits durch Fotosynthese neue Stärke „ansparen“ können.

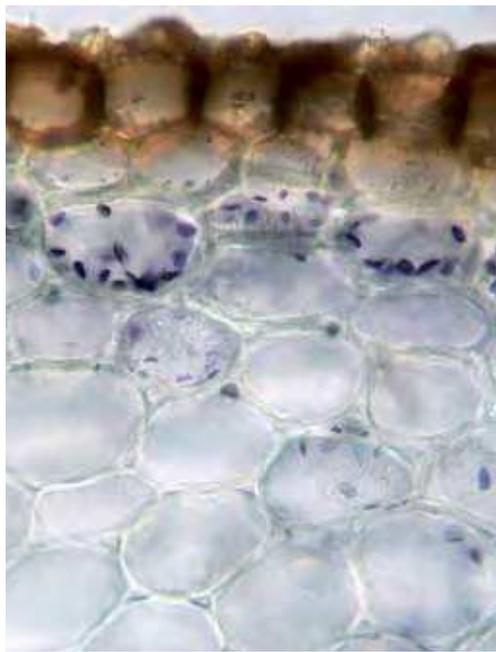


Abbildung 51: Stärketest in den Zellen der Knolle des Scharbockskrautes unter dem Mikroskop



Problemstellung:

Wo sind die Nährstoffe geblieben?

Die Schülerinnen und Schüler kennen das Prinzip der Frühblüher, Nährstoffe zum schnellen Austreiben in unterirdischen Pflanzenorganen zu speichern. Sie wissen, dass der Mensch zahlreiche Pflanzen mit solchen Speicherorganen kultiviert und als Nahrungsquellen züchtet und anbaut.

Die Schülerinnen und Schüler messen bei einem Lerngang im Freien den Stärkegehalt bzw. Zuckergehalt in den Knollen eines blühenden Schar-

Abbildung 52: erfolgreicher Stärkenachweis in der Knolle des Hohlen Lerchensporn

bockskrautes oder einer Zwiebel des blühenden Bärlauchs. Der Nachweis zeigt *keine oder wenig Stärke / Zucker* an. Warum?

Im Ergebnis der Problemlösung sollte es möglich sein, dass die Schülerinnen und Schüler Versuche zum Prüfen von Pflanzenteilen auf Inhaltsstoffe selbstständig durchführen können, nachdem sie zunächst dazu angeleitet wurden und die Technik sicher beherrschen ([Material 1](#)).

Schülerinnen und Schüler machen beim Experimentieren klassische „Fehler“. Sie versuchen beispielsweise, einen erwünschten Effekt „um jeden Preis“ hervorzurufen und manipulieren dazu die Versuchsbedingungen. Das Beispiel Stärketest beim Scharbockskraut ermöglicht einen bewussten Umgang mit diesem Phänomen. So lernt man zu fragen, warum ein erwarteter Effekt eben *nicht* eintritt. Es bildet sich keine blaue Iodstärke an den Knollen, sofern das Kraut gerade austreibt und die Pflanze selbst ihre Nährstoffe verzehrt. Die Lehrbuchweisheit „Knollen des Scharbockskrautes enthalten Stärke“ stimmt nur bedingt. Mit solchen Effekten wird erkennbar, dass Voraussagen entweder zu verifizieren, oder zu falsifizieren sind. Es werden neue produktive Fragen möglich.

Die Schülerinnen und Schüler können den Stärkegehalt in Pflanzenteilen mit dem Ablauf pflanzlicher Entwicklungsprozesse quantitativ in Zusammenhang bringen. Sie können darüber hinaus weitere Experimente mit anderen Objekten weitgehend selbstständig planen und durchführen. Der Unterricht wird ja erst richtig lebendig durch die spontanen Fragen der Schülerinnen und Schüler, auf die sie wegen der Fülle von Lebewesen und Phänomenen im Garten selbst stoßen. Zur Bearbeitung der Fragestellungen dienen [Material 6 und 7](#).

Lösung zu Material 6 und 7:

Frühjahrsgeophyten als Lebensform sind darauf spezialisiert, im zeitigen Frühjahr vor Laubaustrieb der Gehölze zu blühen, zu fruchten und durch Fotosynthese gebildete Nährstoffe für das Überdauern bis zum nächsten Frühjahr zu speichern. Sie konkurrieren mit den Gehölzen um den abiotischen Faktor Licht.

Als Nährstoffspeicher dienen unterirdisch kriechende Sprosse (so genannte Rhizome mit Blattnarben und Knospen), verdickte Wurzeln (Scharbockskraut) oder verdickte Sprosse (Aronstab).

Im Unterschied zu den Geophyten speichern „Luftpflanzen“ wie Bäume und Sträucher Nährstoffe in verholzten Pflanzenteilen und tragen ihre Knospen über der Erdoberfläche, in der „Luft“.

Scharbockskraut

Frühblüher haben eine besondere Überlebensweise entwickelt, um im Waldökosystem zu überleben. Sie treiben aus und blühen, bevor die Laubbäume ihre Blätter entfalten.

Um im Frühjahr schnell austreiben zu können, speichern Frühblüher Nährstoffe in unterirdischen Speicherorganen. Das Scharbockskraut bildet Wurzelknollen, in denen es Stärke speichern kann.



Abbildung 53: Speicherorgane von Frühblüher. Von links nach rechts: Zwiebeln, Wurzelknollen, Sprossknollen, kriechende Sprosse (Rhizome)

Aufgaben:

- Um welchen abiotischen Umweltfaktor konkurrieren Frühblüher mit den Laubbäumen?
- Teste Wurzelknollen des Scharbockskrautes auf Stärke!
Welche **Vermutung** hast Du?

Entwickle dazu eine einfache **Versuchsanordnung!**
Diskutiere die Ergebnisse im **Vergleich** zu Deiner **Vermutung!**

- Markiere im Jahreskreis des Lebens einer Scharbockskrautpflanze, wann in den Speicherknollen Stärke zu finden sein kann!
Notiere Jahreszeiten bzw. Monate, an denen sich Veränderungen vollziehen!

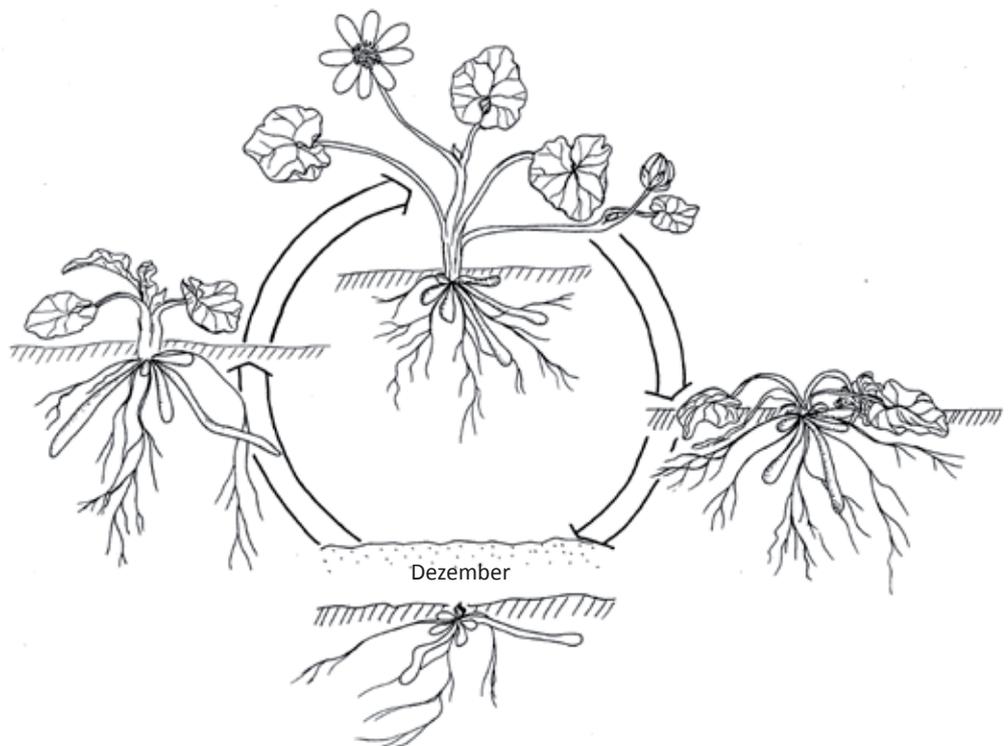


Abbildung 54: Jahreskreis im Leben einer Scharbockskrautpflanze

- Diskutiert in der Gruppe Maßnahmen, um Scharbockskraut im Schulgarten oder Schulumfeld anzusiedeln oder zu erhalten!

Bärlauch

Frühblüher haben eine besondere Überlebensweise entwickelt, um im Waldökosystem zu überleben. Sie treiben aus und blühen, bevor die Laubbäume ihre Blätter entfalten.

Um im Frühjahr schnell austreiben zu können, speichern Frühblüher Nährstoffe in unterirdischen Speicherorganen. Das können Zwiebeln, Wurzelknollen, Sprossknollen oder kriechende Sprosse (Rhizome) sein.

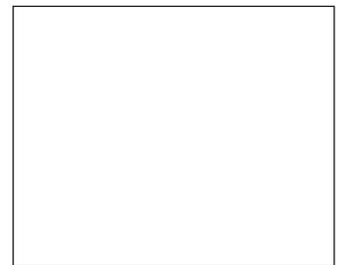
Der Bärlauch bildet Zwiebeln, in denen Nährstoffe gespeichert werden können. Zwiebeln sind verdickte Blätter mit besonderen Funktionen (zum Beispiel Stoffspeicherung). Eine Küchenzwiebel bildet bekanntlich 5 bis 15 Blätter, die in Ringen angeordnet sind (Abbildung 55).



Abbildung 55:
Querschnitt durch eine rote
Küchenzwiebel

Aufgaben:

- Um welchen abiotischen Umweltfaktor konkurrieren Frühblüher mit den Laubbäumen?
- Wie viele Blätter bilden die Speicherzwiebel des Bärlauchs? Grabe dazu eine Zwiebel (zum Beispiel im Schulgarten) aus und mache einen Querschnitt! Fertige eine Zeichnung an!
- Stelle **Vermutungen** auf, welche Nährstoffe in der Zwiebel gespeichert sein können und welche anderen Stoffe (z.B. Vitamine) dort ebenfalls gespeichert sein können!



- Teste Zwiebeln des Bärlauchs auf die vermuteten Inhaltsstoffe! Entwickle dazu eine einfache **Versuchs-anordnung!** Diskutiere die Ergebnisse im **Vergleich** zu Deiner **Vermutung!**
- Markiere im Jahreskreis des Lebens einer Bärlauchpflanze, wann in den Speicherzwiebeln Nährstoffe (also Kohlenhydrate, Fette oder Eiweiße) zu finden sein können! Notiere Jahreszeiten bzw. Monate, an denen sich Veränderungen vollziehen!
- Diskutiert in der Gruppe Maßnahmen, um Bärlauch im Schulgarten oder Schulumfeld anzusiedeln oder zu erhalten!

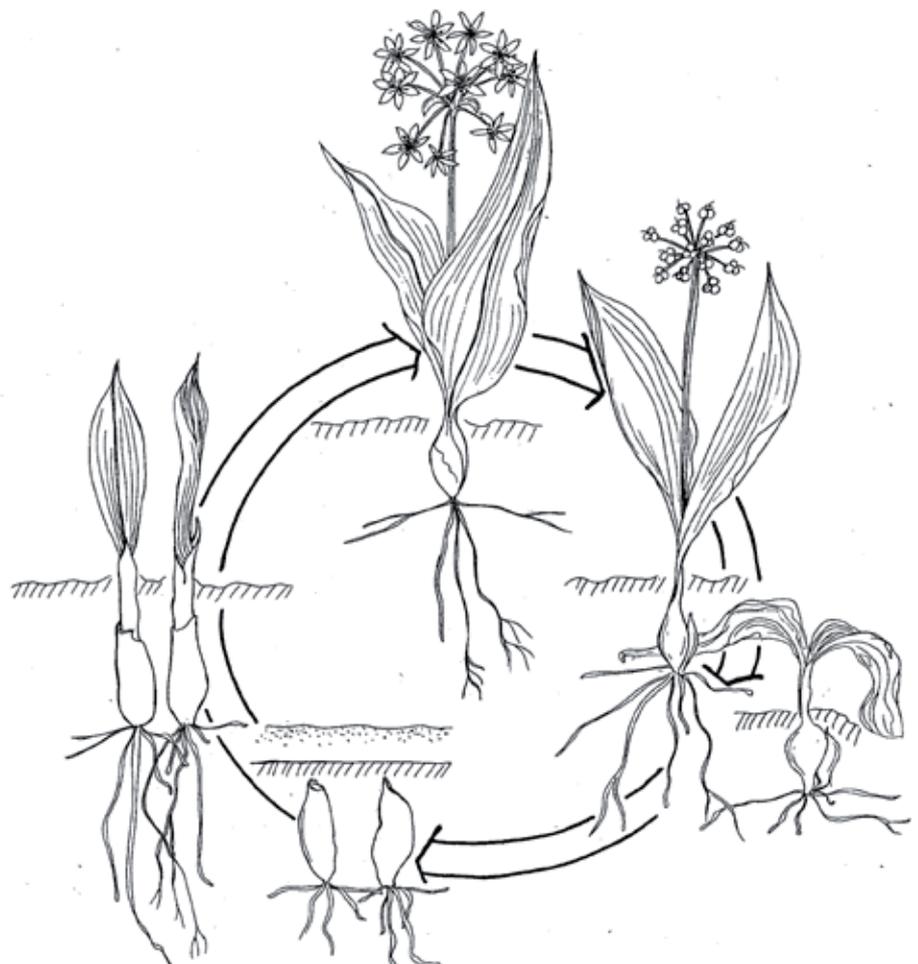


Abbildung 56:
Jahreskreis im Leben einer
Bärlauchpflanze

6. Angebot und Nachfrage regeln die Verteilung

Hans-Joachim Lehnert

Das Modell von Source und Sink

Hast Du Dir schon einmal darüber Gedanken gemacht, warum man

1. zunimmt, wenn man keinen Sport mehr treibt und weiter isst wie gewohnt?
2. verwelkte Rosenblüten abschneiden soll?
3. Schnittlauch, Pfefferminze, Kresse, Spinat und anderes Blattgemüse vor der Blüte ernten sollte?

Bei diesen Fragen geht es immer um die Verteilung von Stoffen - entweder im eigenen Körper oder in Pflanzen. In welcher Art und Weise die Verteilung erfolgt, lässt sich mit einem einfachen Modell darstellen: Wasser fließt immer zum tiefsten Punkt bzw. das meiste Wasser sammelt sich in der größten Senke.

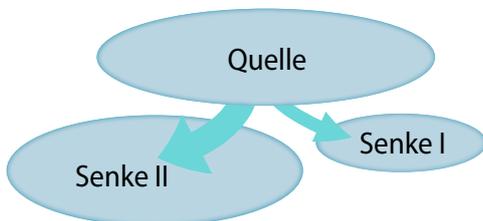


Abbildung 58: Das Modell von Source und Sink

Ich habe es als das Modell von Source und Sink kennengelernt und finde es einfach genial. „Source“ bedeutet nichts anderes als „Quelle“ und „Sink“ lässt sich mit „Senke“ übersetzen. Mit diesem Bild von einer oder mehreren Quellen und einer oder mehreren Senken, die außerdem verschieden groß und tief sein können, lässt sich die Verteilung von Stoffen in einem Lebewesen sehr gut veranschaulichen. Weiterhin kann man voraussagen, welche Kulturmaßnahmen zu besonders wertvollen, gehaltvollen und gesundheitsfördernden Produkten führen.

Zu 1. Wenn wir essen, nehmen wir Nahrung zu uns – in diesem Fall ist die Nahrungsaufnahme die Quelle, die kräftig weitersprudelt, wenn wir weiter essen wie gewohnt. Bisher wurde ein Teil der Nährstoffe verwendet, um daraus Bewegungsenergie bereit zu stellen. Diese Senke ist nun kleiner geworden, weil man sich weniger bewegt. Der Überschuss muss als Fett gespeichert werden – eine andere Möglichkeit hat der Körper nicht, wenn bereits alle anderen Senken (Grundumsatz, Wachstum usw.) gefüllt sind.

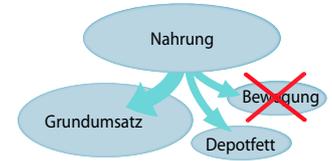


Abbildung 57: Verteilung der Nährstoffe im menschlichen Körper

Zu 2. Quelle für die Nährstoffe, die in der Rose verteilt werden, ist die Fotosynthese. Diese Nährstoffe werden für neues Wachstum, z.B. von Wurzeln, Trieben, Blättern, Knospen und Blüten verwendet. Aus den Blüten entwickeln sich die Früchte der Rose, die Hagebutten. Mit dem Wachstum der Hagebutten würde ein starker Sink entstehen. Damit neue Triebe und neue Blütenknospen entstehen können, schneidet man die abgewelkten Blütenreste zusammen mit den wachsenden Früchten ab.

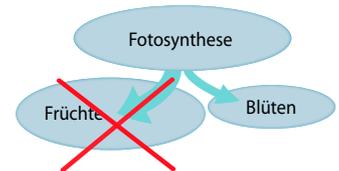


Abbildung 59: Verteilung der Nährstoffe in der Pflanze, vereinfacht

Zu 3. Bei den genannten Kräutern und Blattgemüsen legen wir Wert auf die Nährstoffe und die Aromastoffe in den Blättern. Sobald durch die Blütenknospen und Blüten ein neuer, starker Sink entsteht, werden keine neue Blätter gebildet – es kann sogar sein, dass Nährstoffe aus den Blättern in den neuen Sink fließen.



Abbildung 60: Blühender Schnittlauch ist zwar sehr schön - zur Verwendung in der Küche hätte man rechtzeitig die Blüten abschneiden müssen.

Transportwege

Menschen und viele Tiere haben Adern, in denen im Blut gelöste Stoffe im Körper transportiert werden. Höhere Pflanzen haben hierfür 2 Formen von Leitungsbahnen entwickelt. Die eine, *Xylem* genannt, transportiert Wasser und Mineralstoffe. Die zweite, *Phloem* genannt, befördert Nährstoff-Bausteine, z.B. Zucker und Aminosäuren. Die Blattadern und die Leitbündel in der Sprossachse und in der Wurzel enthalten jeweils beide Transportsysteme.



Abbildung 61: Pflanzenlaus (Blattlaus) an einem Pflanzenstängel

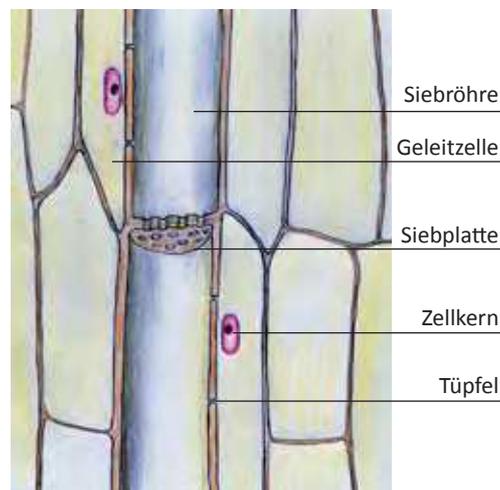


Abbildung 62: Die Siebröhren des Phloems transportieren nährstoffreichen Saft von Source zu Sink. Die spezialisierten Zellen werden von den Geleitzellen gesteuert (stark vergrößert).

Ähnlich wie eine Mücke Blut saugt, stechen Pflanzenläuse mit ihrem Saugrüssel genau die Leitungsbahnen des *Phloems* an und saugen den süßen, nährstoffreichen Saft.

Hier können wir wieder das Modell verwenden: Da durch das Saugen der Blattläuse eine neue Senke entsteht, fließen Nährstoffe in diese Richtung und stehen für andere Prozesse (Wachstum, Blütenbildung, Speicherung) nicht zur Verfügung.

GZSZ: Aus einer Senke wird eine Quelle – und umgekehrt

Grüne Blätter betreiben mit der Energie aus dem Sonnenlicht Photosynthese und sind damit die wichtigste Quelle. Alle nicht-grünen Teile einer Pflanze sind auf die Versorgung mit Nährstoffen angewiesen und stellen in der Regel Senken dar. Für „schlechte Zeiten“ werden Vorräte angelegt. und Nährstoffe gespeichert, z.B. in den Samen, in der Wurzel, in Zwiebeln, in Knollen usw.

Wenn es wieder „gute Zeiten“ gibt, werden die gespeicherten Nährstoffe mobilisiert und in die wachsenden Gewebe transportiert: Aus einem Sink, z.B. aus einer Kartoffelknolle an einer grünen Kartoffelpflanze wird im nächsten Jahr eine Source, wenn die Knolle in die Erde gelegt wird und die gespeicherten Nährstoffe zum Aufbau einer neuen Pflanze verwendet werden.

Aufgaben

Erkläre mithilfe des Modells von **Source und Sink**:

1. Warum wachsen nur an großen und kräftigen Kartoffelpflanzen mit vielen Blättern große und gehaltvolle **Kartoffelknollen**?
2. Ein Winzer möchte möglichst süße, gehaltvolle Trauben ernten. Er lässt nur wenige **Trauben** am Weinstock wachsen. Alle anderen werden entfernt. Er schneidet neue Triebe ab.
3. Zucchini sollte man regelmäßig (alle 2-3 Tage) ernten. Lässt man eine Zucchini groß werden, lässt die Bildung von **Blüten und weiteren Früchten** stark nach.
4. Finde weitere Zusammenhänge, die sich mit dem Modell erklären lassen, und stelle die Erklärungen bildlich dar.

Lösungen:

1. Nur bei einer hohen Nährstoffproduktion in den Blättern können große Kartoffelknollen in der Erde wachsen. Eine ergiebige Quelle füllt die Senke schnell.
2. Weil alle anderen Senken entfernt werden, fließen alle Nährstoffe aus der Fotosynthese in die Trauben.
3. Durch die regelmäßige Ernte wird der Sink regelmäßig entfernt. Für die Bildung von Knospen, Blüten und neuen Früchten stehen damit wieder Nährstoffe zur Verfügung.
4. Beim Menschen: Reduktionsdiät (Fettdepots werden zur „source“), Schwangerschaft, Stillen. Bei Pflanzen: Keimung, Speicherung, Austreiben aus Speicherorganen, Baumschnitt - besonders Pflanzschnitt und Erziehungschnitt

Das Chemielabor der Pflanzen: Gesunde Farben - Vitamine - Sekundäre Pflanzenstoffe

Lissy Jäkel

1. Fachliche Einleitung im unterrichtlichen Kontext

Tägliches Essen gehört zu den Grundbedürfnissen jedes Menschen. Wir sind *Konsumenten*, ökologisch betrachtet. Pflanzen als *Produzenten* stellen *Nährstoffe* her. Sie verfügen über die wunderbare Fähigkeit, mit der Energie der Sonne aus energiearmen anorganischen Stoffen energiereiche organische Stoffe zu produzieren. Sie besitzen dazu die nötige Ausstattung mit Enzymen. Trotz intensiver Bemühungen der Biotechnologie kann diese „Kunst“ derzeit vom Menschen noch nicht technologisch „kopiert“ werden. Die Zuckerrübe (Abbildung 2) kann als Symbol für diese produktive Leistung von Pflanzen stehen. Pflanzen sind die „Zuckermacher“. Zucker ist das Ergebnis der *Primärproduktion* der Pflanzen.

Aus dem Zucker wiederum können viele andere Stoffe gebildet werden. Ergebnisse der *Primärproduktion* sind *organische Verbindungen*: Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße – die *Nährstoffe* eben.

Menschen haben vielfältige Kulturtechniken entwickelt, sich die Stoffwechselleistungen der Pflanzen – der „*Produzenten*“ - zunutze zu machen. Dass der Mensch die Natur auch nutzt - und das möglichst vernünftig - ist ein Teil der Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Sekundär – aber nicht zweitrangig

Neben uns Menschen sind auch Tiere *Konsumenten*. Pflanzen können nicht flüchten, wenn jemand Anstalten macht, sie zu verzehren. Also sind sie gezwungen, einen Teil ihrer Syntheseleistung zu verwenden, um Fraßfeinde chemisch abzuwehren. Die Pflanzen betreiben also einen *Sekundärstoffwechsel* und investieren dazu einen Teil der Nährstoffe der Primärproduktion. Sie stellen z.B. Giftstoffe her und „verteidigen“ so ihre Biomasse durch **Fraßgifte**. Dies gilt zum Beispiel für die Kartoffel - sie stellt Membranen schädigendes

Solanin her. Ebenso bildet der Tabak Fraßgifte - *Nicotin* ist zwar auch ein wirksames Nervengift, die oral aufgenommene letale Dosis liegt aber bei wenigen mg. Die Tollkirsche bildet giftiges *Atropin*. Etliche Pflanzen schmecken so bitter oder scharf und sind ungenießbar für Menschen. Einige wurden durch Züchtung in ihrem Gehalt an Fraßgiften reduziert, was sie zugleich viel anfälliger gegen Parasiten macht. Ein Beispiel ist die Kartoffel mit dem Solanin. Dieser oder weitere Giftstoffe werden zusätzlich durch menschliche Nahrungszubereitung wie Kochen in Wasser „entschärft“.

Bei einigen Gartenpflanzen wissen wir die Bakterien hemmenden Inhaltsstoffe in Form von *Gewürzen* und *Heilmitteln* zu schätzen (S. 70). Gewürze mit Scharfstoffen oder Senfölglycosiden fördern die Verdaulichkeit von Speisen und regen das Verdauungssystem an. Viele ursprünglich mediterrane Halbsträucher, z.B. Rosmarin, Salbei, Lavendel bilden *Ätherische Öle* und gehören zum festen Bestandteil eines Schulgartens (S. 58 ff.).

Auch die Investition in **Farbstoffe** ist nicht wirklich zweitrangig (wie der Name *Sekundärstoffwechsel* vermuten ließe). Gelänge das Anlocken von Bestäubern oder die Fruchtverbreitung nicht, wäre das Überleben der Art in Gefahr. Tiere, die Pollen oder reife Samen verbreiten, werden mit Farben aufmerksam gemacht. Farbstoffe machen einen bedeutenden Aspekt der Attraktivität der Pflanzen auch für Menschen aus. Bekannt sind aus der Gruppe der farbigen Pflanzenstoffe beispielsweise die **Anthocyane**. Derzeit sind etwa 250 verschiedene Anthocyane bekannt. Sie gelten als wichtige *wasserlösliche* Farbstoffe der Landpflanzen, die bei fast allen höheren Pflanzen vorkommen (bei Moosen und Farnen also nicht). Diese roten, blauen oder violetten bis schwar-



Abbildung 1:
Extraktion von Anthocyan
und Carotin im Schülerversuch



Abbildung 2:
Zuckerrüben mit Fraßspuren
des Feldhasen

Warum sind regionale und saisonale Produkte gesundheitsförderlich und nachhaltig?

Saisonale Produkte haben einen hohen Gesundheitswert durch einen höheren Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen. Sie können jahreszeitgemäß mit geringerem Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln wachsen und reifen. Sie müssen nur kurze Transportwege bewältigen und daher nicht unreif geerntet werden. Diesen besseren Gesundheitswert kann man am Beispiel eines Anthocyanins mit dem Namen *Quercetin* empirisch belegen (aber auch an anderen Inhaltsstoffen). Eine zehnjährige kalifornische Studie (Mitchell 2007) ergab, dass Tomaten aus biologischem Anbau 79 % mehr *Quercetin* enthielten als bei konventionellem Anbau. Regionale saisonale Produkte ermöglichen außerdem Energieeinsparungen durch kurze Transportwege und kurze Lagerung, regionale Beschäftigung und bessere Einblicke der Verbraucher in die Produktionsbedingungen als importierte Massenware.

zen Farbstoffe färben Blüten, Früchte und sogar Laubblätter - von den heimischen Frühblühern Lungenkraut oder Leberblümchen bis zur roten Küchenzwiebel.

Anthocyane gehören zu den Flavonabkömmlingen, den Flavonoiden. Etwa 2 % des gesamten Kohlenstoffs, den die Pflanzen durch Fotosynthese fixieren, wird zu Flavonoiden und deren Derivaten wie den Anthocyanen umgesetzt.

Farbige Sonnenschirme - Anthocyane

Anthocyane tragen ganz wesentlich zum Lichtschutz lebender Pflanzenorgane bei. Dies lässt sich wunderbar beobachten, wenn man eine anthocyanhaltige Pflanze in voller Sonne mit einem eher schattigen Exemplar der gleichen Art vergleicht. Auch die Sonnenseite mancher Äpfel bildet rote Anthocyanbäckchen (Abbildung 4).

Quercetin ist ein Beispiel für ein Anthocyan. Es besitzt ein Flavongerüst mit 5 OH-Gruppen, wie man an der Formel sehr leicht nachzählen kann (*Pentahydroxyflavon*). Solche Stoffe nennt man auch Flavonoide. *Quercetin* ist bekannt für seine wahrscheinlich antikarzinogene Wirkung. Diese wiederum ist vermutlich hauptsächlich auf die antioxidative Wirkung zurückzuführen. *Querce-*

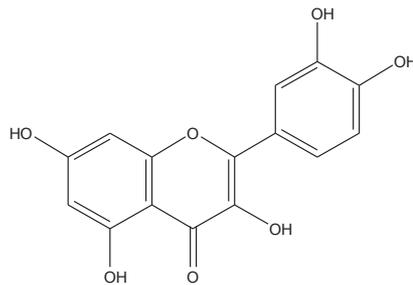


Abbildung 3: Strukturformel von *Quercetin* als Beispiel eines sekundären Pflanzenstoffs



Abbildung 4: Ein Apfel wird nur dort rot, wo ihn die Sonne trifft. Im Schatten der Blätter bilden sich kaum Anthocyane.

tin wirkt, wie auch die Vitamine A, C und E, als Radikalfänger, als „Korrosionsschutz“.

Große Mengen an *Quercetin* können nicht nur in Eichenrinden (*Quercetin* ist abgeleitet von *Quercus*, der Eiche), sondern auch in Zwiebeln, Äpfeln, Brokkoli oder grünen Bohnen gefunden werden, gebunden an Zuckermoleküle. Allerdings werden diese Stoffe je nach Zubereitung teilweise zerstört. Durch das Schälen von Obst und Gemüse sinkt der Flavonoid-Anteil, denn speziell in farbigen Schalen ist der Flavonoidgehalt hoch. Andererseits ist bei der Kartoffel das Schälen sehr sinn-

voll, denn der Anteil des Fraßgiftes Solanin ist in Kartoffelschalen und den austreibenden „Augen“ (Knospen neuer Sprosse) sehr hoch.

Einen hohen Gehalt an *Quercetin* findet man nicht nur in schwarzem Tee oder Zitrusfrüchten, sondern auch in:

- Liebstöckel (1700 mg/kg)
- Äußeren Zwiebelringen (284–486 mg/kg)
- Heidelbeeren (74 - 158 mg/kg)
- Äpfeln (21–440 mg/kg)
- Schnittlauch (245 mg/kg)
- Grünkohl (60–110 mg/kg)
- schwarzen Johannisbeeren (69 mg/kg)
- Sanddorn (62 mg/kg)
- Brombeeren (45 mg/kg)
- Brokkoli, Kirschen (30-32 mg/kg)

Tabelle 1 zeigt indirekt, dass es weit mehr als nur das Anthocyan *Quercetin* in den Nutzpflanzen gibt, der Anthocyangehalt also insgesamt höher ist.

Tabelle 1: Anthozyanengehalt in verschiedenen Lebensmitteln

Lebensmittel	Anthocyan (mg pro 100 g Lebensmittel)
Aronia (Apfelbeere)	200–1.000
Aubergine	750
Holunderbeere	340-980
Blutorange	≈ 200
Brombeere	5
Heidelbeere	80-420
Himbeere	10-60
Kirsche	350–400
Schwarze Johannisbeere	80–420

Vielfalt chemischer Strukturen sekundärer Pflanzenstoffe

Die Liste sekundärer Pflanzenstoffe ist lang, die Vielfalt verwirrend. Daher ist die exemplarische Beschäftigung mit ausgewählten Stoffgruppen sinnvoller als ein vergebliches Bemühen um Vollständigkeit.

Manche sekundären Pflanzenstoffe gehen nur auf ein einfaches *Kohlenstoff*grundgerüst zurück - die **Terpene**. Sie haben es aber durchaus in sich. Zu ihnen gehören zum Beispiel das Herzgift *Digitoxin*, natürliche Insektizide bei Korbblütlern (*Pyrethrine* als „Läusegift“) oder Fungizide der

Doldenblütler. Terpene und Terpenoide (mit Sauerstoff im Molekül) werden im Stoffwechsel der Zucker und Fette „abgezweigt“.

Phenolderivate - also organische *Ringsysteme* und nicht nur Molekülketten - sind, wie in diesem Heft mehrfach dargestellt, z. B.

- Flavonoide bzw. Anthocyane, Flavonole
- Betalaine mit gelben Betaxanthinen und roten Betacyanen.

Anthocyane, Flavone, Carotinoide und ggf. Betalaine sind auch für die Färbung der Laubblätter im Herbst verantwortlich, wenn die Fotosynthese eingestellt und Chlorophyll nicht mehr neu gebildet wird.

Die Anthocyane sind zudem bewährte pH-Indikatoren. Sie können, abhängig vom pH-Wert, in einer kationischen, neutralen oder anionischen Form vorliegen, die jeweils unterschiedlich gefärbt ist. Blütenblätter von Malven und Hibiskus, Kornblumen oder Rosen u.v.a. sowie etliche Früchte (Kirschen, Pflaumen, Brombeeren, Himbeeren u. a.) enthalten Anthocyane, die im sauren Bereich rot, im basischen blau bis grün gefärbt sind.

Nicht nur mit Rotkohl, auch mit der Apfelbeere (*Aronia*) oder den Früchten des Schwarzen Holunders lassen sich pH-abhängige Farbveränderungen leicht herbeiführen. All diesen Naturstoffen kann man konkret draußen nachgehen und beim Erlernen chemischer Grundkenntnisse auch die Pflanzen kennen lernen.



Abbildung 5:
Anthocyan vom Rotkohl als pH-Indikator

Für die Produktion von **Alkaloiden** greifen die Pflanzen schon tiefer in die „Trickkiste“ der Enzymausstattung. Neben den für organische Stoffe üblichen Elementen C, H, und O wird als weiteres chemisches Element N (Stickstoff) „verbaut“. *Alkaloide* sind daher meist Aminosäurederivate. Viele Gifte und neuroaktive Substanzen aus der Familie der Nachschattengewächse (*Nicotin, Atropin, Solanin...*) sind Alkaloide.

Vitamine sind gesund, das weiß jedes Kind. Aber warum genau?

Carotinoide

Etwa 50 ernährungsrelevante Carotinoide sind bekannt, zum Beispiel das Lycopin der Tomate. Das Beta-Carotin der Karotte ist eine Vorstufe des Sehfärbstoffs und wird daher Provitamin A genannt (Retinol). Die menschliche Fortpflanzung mit Eizellen- und Spermienreifung, die Placenta- und Embryonalentwicklung, die Testosteronproduktion in den Leydigischen Zwischenzellen der Hoden – all das sind Prozesse, die nicht ohne Carotinoide auskommen. Auch das Wachstum und die Zelldifferenzierung sowie die Immunzellreifung und die Herstellung der Immunglobuline erfordern Carotinoide.

Viele Pflanzen enthalten *antioxidativ* wirksame Carotinoide. Auch in manchen tierischen Innereien sind sie enthalten, teilweise sogar in bedenklich hoher Dosis. Die meisten Carotinoide sind fettlöslich.

Vitamin C

Manche Vitamine sind farbig, andere nicht. Aber auch hier sind die *antioxidativen* Wirkungen für den Körper unverzichtbar. Zu den bekanntesten Vitaminen, deren Gehalt man nicht sehen kann, gehört die Ascorbinsäure, das **Vitamin C**.

Nur für sehr wenige Säugetiere ist die Ascorbinsäure ein Vitamin, die meisten Säuger können Ascorbinsäure selbst bilden. Menschen und Meerschweinchen aber können dies nicht. Ihnen fehlen die Enzyme, Ascorbinsäure selbst zu bilden, deshalb müssen sie Vitamin C mit der Nahrung aufnehmen.

Vitamin C ist in verschiedenen Wildkräutern enthalten. Sprichwörtlich bekannt dafür ist u.a. das Scharbockskraut, das gegen Skorbut wirkt.



Abbildung 6:
Blühendes Scharbockskraut



Abbildung 7:
Sanddorn enthält Quercetin und viel Vitamin C.

Vitamin C ist u. a. ein wichtiger Radikalfänger. Es befördert ganz wesentlich den Aufbau von stabilem Bindegewebe, indem es als Coenzym die Aminosäuren des Collagens hydroxyliert (zum Beispiel Prolin zu Hydroxyprolin).

Vitamin C ist bekanntlich wasserlöslich. Es hat im Körper eine *antioxidative* Wirkung. Von solchen Wirkungen kann man sich einfach überzeugen. Vitamin C entfärbt dunkelblaues *Tollens Reagenz* (*Dichlorphenolindophenol*) – dies ist eine chemische Reduktion als Modell für die antioxidative Wirkung (wir können ja schlecht Teile unseres Körpers als Versuchsobjekt benutzen).

Als Zuckerabkömmling ruft Vitamin C außerdem, ähnlich wie reduzierende Zucker, einen ziegelroten Farbumschlag beim Erwärmen mit Fehling I und II hervor. Zum Vitamin C-Nachweis gibt es auch handelsübliche Teststäbchen, die man gut draußen benutzen kann (Abbildung 8).



Abbildung 8:
Vitamintest im Schulgarten

Wildkräuter können eine gesunde Bereicherung der menschlichen Ernährung bilden. Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) enthält nach lebensmittelchemischen Messungen etwa 300 mg Vitamin C auf 1 kg Frischmasse. Jedoch ist Scharbockskraut ein Hahnenfußgewächs, und diese enthalten besonders zur Blütezeit das Alkaloid Protoanemonin. Es schädigt das Nervensystem, ruft Erbrechen und Durchfall hervor. Daher sollte *Scharbockskraut*, wenn überhaupt, *nur vor der Blüte und in geringen Mengen* einem Salat beige-fügt werden.

Löwenzahn enthält etwa 500 mg Ascorbinsäure pro kg. Brennnesseln als Spitzenreiter enthalten sogar die dreifache Menge davon. Die Knoblauchsrauke als heimischer Frühblüher bildet etwa 900 mg/kg. Dagegen fällt der Kopfsalat mit seinen etwa 100 mg/kg deutlich ab, von ihm wird aber mehr verzehrt. Geringe Schwankungen sind auf Witterung, Erntezeit oder Standort zurückzuführen.

Das ABC der Wirkstoffe

Wir wollen bei den nachfolgenden Unterrichtsvorschlägen (S. 39-57) den **Schwerpunkt auf Vitamine und Farbstoffe** legen, angefangen von A wie Anthocyan, über B wie Beta-Carotin und B-Vitamin Riboflavin bis C wie Vitamin C.

Sekundäre Pflanzenstoffe – ein Wirtschaftsfaktor

Nach aktuellen Informationen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) zählen besondere Inhaltsstoffe von Pflanzen zu den nachwachsenden Rohstoffen und sind ein wichtiges Wirtschaftsgut. Das Marktvolumen allein von Arznei- und Gewürzpflanzen lag im Jahr 2007 weltweit bei rund 60 Mrd. Euro. In Deutschland beträgt ihre Anbaufläche rund 10.000 ha mit steigender Tendenz. Pfefferminze und Kamille gehören zu den bewährten heimischen Kräutern.

Aber auch andere Anwendungsgebiete werden erforscht. Coffein wird Shampoo zugesetzt, um Haarausfall zu vermindern, mit einem Extrakt aus Chrysanthemen (Terpen) versucht man, Kopfläuse in Schach zu halten und als Mittel gegen Nacktschnecken werden Moose „ausgequetscht“.

Pflanzliche Wirkstoffe wachsen in konkreten Lebewesen - Apfel & Co

Physiologische Studien haben deutlich gezeigt, dass Vitamine (wie Ascorbinsäure oder Carotinoide) und andere pflanzliche Stoffe als *natürlicher Bestandteil von Lebensmitteln* viel besser resorbiert werden und Wirkung zeigen, als in isolierter Form oder gar als Vitaminpille. Es kommt auf die Kombination innerhalb der Lebensmittel an. Daher können wir „in Form bleiben“, wenn wir Gewohnheiten des Verzehrs von Obst und Gemüse entwickeln. Wo ginge das in der Schule besser als im Schulgarten?!

Äpfel haben von allen Obstarten in Deutschland die größte wirtschaftliche Bedeutung - etwa 35 kg werden pro Jahr und Person verzehrt. Jährlich werden in Deutschland über 1.000.000 t Äpfel angebaut (Statistisches Jahrbuch 2010). Andere Baumobstarten wie Süßkirsche, Sauerkirsche, Reneklode, Birnen, Pflaumen, Mirabellen bringen zusammen nicht mal 1/5 davon auf den Markt. Im Sinne einer ausgewogenen Ernährung ist es sinnvoll, verschiedene Obstarten zu verzehren. Der Schulgarten ermöglicht den Anbau von anderen Obstarten, als im Handel verfügbar sind. Und muss es immer ein Apfel sein? In die statistischen Erhebungen des Landesamtes Baden-



Abbildung 9:
Apfelfrüchte im Querschnitt

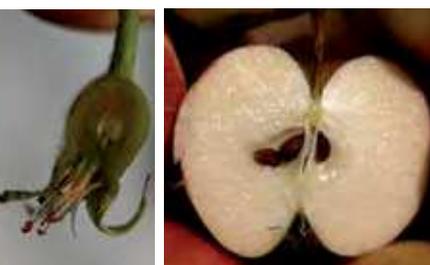


Abbildung 10, 11:
Schon in der Blüte lässt sich die Apfelfrucht erkennen.

Württemberg zu Baumanzahl oder Fläche werden nur folgende Obstarten einbezogen: Apfel, Birne, Süßkirsche, Zwetschke/Pflaume sowie Mirabelen. Nicht erfasst werden hier seltenere Arten wie Mispel, Quitte, Sanddorn, Kornelkirsche, Stachelbeere oder Aronia. Indem in Schulgärten solche seltener gehandelte Arten kultiviert und erhalten werden, kann die Differenzierungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf den Geschmack geschult werden. Zugleich wird ein wertvoller Beitrag zum Erhalt der genetischen Ressourcen und Kulturtechniken essbarer Pflanzen, in diesem Falle der Obstgehölze, geleistet. Der Reichtum der zum Teil sehr alten Pflanzensorten stellt auch eine Voraussetzung dar für die Anpassung an den Klimawandel.

Weltweit und auch in Deutschland ist diese Vielfalt nach Einschätzung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz bedroht (Pressemitteilung des BMELV 2010). Ministerin Aigner schätzte anlässlich der Eröffnung eines Bildungsprogrammes ein: Pflanzen mit vielen sekundären Inhaltsstoffen im

Der Reichtum der zum Teil sehr alten Pflanzensorten und Tierrassen in der Land-, Forst-, Fischerei- und Ernährungswirtschaft ist eine Grundlage für die Ernährung und die Rohstoffversorgung der wachsenden Weltbevölkerung. Er stellt auch eine Voraussetzung dar für die Anpassung an den Klimawandel. Weltweit ist diese Vielfalt jedoch bedroht. Es gibt u.a. eine Initiative "Biologische Vielfalt schützen und nutzen" des BMELV, mit der Schülerinnen und Schülern in ganz Deutschland in die Erlebnisvielfalt und die Fülle an Geschmackserlebnissen von Apfelsorten eingeführt werden. Dabei sollten die Möglichkeiten zum Schutz der biologischen Vielfalt im Alltag aufgezeigt werden.

Schulgarten zu kultivieren sollte einher gehen mit der Entwicklung einer vom Bildungsplan geforderten Artenkenntnis und systematischen Orientierung. Schließlich wachsen die Inhaltsstoffe in konkreten Organismen, und das Erkennen verwandtschaftlicher Merkmale erleichtert die Orientierung.

Viel mehr Anthocyan als jeder Apfel enthält die Apfelbeere. Was ist eigentlich eine Apfelbeere? Halbiert man eine Frucht, sieht sie tatsächlich aus wie ein kleiner dunkelblauer Apfel. Haben alle Obstarten so einen Aufbau?

Apfel und Apfelbeere – Rosengewächse mit gesunden sekundären Pflanzenstoffen

Ein Gang in den Schulgarten offenbart eine Vielzahl von *Rosengewächsen*. Neben den Gartenformen finden sich wilde Heckenrosen, Weißdorn, Nelkenwurz, Fingerkraut u.v.a. Verwandte der Rose. Zugleich sind die essbaren Rosengewächse im Garten eine gute Möglichkeit, um die eher „ungeliebten“, aber sehr notwendigen Übungen zur Orientierung innerhalb der Vielfalt der Organismen zur Abwechslung mal an dieser Gruppe zu erlernen.

Man kann diese Vorgabe des Bildungsplans kaum reizvoller umsetzen als – gekoppelt an sinnliches (auch kulinarisches) Erleben – im Schulgarten. Indem sich die Schülerinnen und Schüler mit solchen Fragen beschäftigen, entwickeln sie die vom Bildungsplan geforderten Kompetenzen des Erkenntnisgewinns und lernen nicht nur, wie Gärtner, sondern exemplarisch auch wie Systematiker arbeiten: Die Systematik ist bei Rosengewächsen ebenso im Wandel wie bei vielen anderen Organismen, sie bildet nur den derzeitigen Stand der Kenntnis über Abstammungen und Merkmale ab. Auch versierte Gärtner oder Botaniker müssen immer wieder umlernen. Die **Kernobstgewächse** wurden lange als eine von vier Unterfamilien der Rosengewächse geführt. Molekulargenetische Untersuchungen haben nun dazu geführt, sie der Unterfamilie der Verwandten des Spierstrauches (*Spiraeoideae*) zuzuordnen.

Kernobstgewächse sind Sträucher oder Bäume, die dornige Sprosse tragen können. Die Blattgestalt variiert zwischen meist einfachen (Apfel), seltener gelappten (z. B. Weißdorn) oder gefiederte Formen (z. B. Eberesche). Die für Rosengewächse typischen zwei Nebenblätter am Blattgrund fallen meist sehr früh ab.

Um Rosengewächse sinnvoll zu unterscheiden, muss man auch auf die Blüten und Früchte schauen. Bei den Obstgehölzen unterscheiden Gärtner zwischen Steinobst und Kernobst, Botaniker zwischen Steinfrüchten und Apfel Früchten. Schon zur Zeit der Blüte sind die kleinen Balgfrüchte späterer Äpfel in den Blütenboden eingesunken. Die Blütenachse wächst dann bei der Reife der



Abbildung 12, 13: Apfel im Schwetzingen Schlossgarten als Plastik



Abbildung 14: Reife Früchte der Apfelbeere

Zur Gattung Apfelbeeren *Aronia* gehören die Kahle Apfelbeere und die Schwarze Eberesche (*Aronia arbutifolia*, *Aronia melanocarpa*). Sie gehören zu den Kernobstgewächsen in der Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*). Apfelbeeren stammen ursprünglich aus dem Osten Nordamerikas. Die Früchte sind dunkelblau, essbar und haben den gleichen Aufbau wie ein Apfel. Der Strauch ist wenig anfällig für Pflanzenkrankheiten.



Abbildung 15: Rot blühender Spierstrauch



Abbildung 16: Weißdorn mit rosafarbenen Blüten bildet ebenfalls kleine Apfelfrüchte.



Abbildung 17, 18: Blühende Hundsrose (*Rosa canina*) und zugehörige Früchte (Hagebutten)



Abbildung 19: Quitte, Frucht halbiert

Frucht zu einem fleischigen Gewebe aus. Oder anders formuliert: Im Innenteil der Apfelfrucht entsteht aus den balgähnlichen Fruchtblättern ein pergamentartiges Kerngehäuse. Zu den Apfelfrüchten gehören u. a. der Apfel, die Birne und die Quitte oder Vogelbeeren der Gattung Sorbus. Sie sind deutlich von Steinfrüchten (Kirsche, Pfirsich, Pflaume, Mandel) unterscheidbar, bei denen nur ein Same pro Frucht auftritt. Die apfelfrüchtigen Kernobstgewächse sind durch die Chromosomenanzahl $n = 17$ gekennzeichnet. Diploide Vertreter haben also $2n=34$ Chromosomen.

Das Wahrnehmen der eigenen belebten Umwelt – letztlich eine Voraussetzung saisonaler Ernährung – kann durch das Schulumfeld gefördert werden. Wahrnehmung bedeutet auch, Pflanzen zu kennen und wiederzuerkennen. „Apfelfrüchte“ bilden auch die Ziersträucher Zwergmispel *Cotoneaster* und Feuerdorn *Pyracantha*. Im Unterschied zur dornlosen, immergrünen Zwergmispel zeigt der verwandte Feuerdorn einen klaren jahreszeitlichen Wandel des Erscheinungsbildes. Der aus Südeuropa bis Südasien stammende Strauch verträgt Trockenheit. Er bietet Singvögeln und ihren Nestern durch seine Dornen einen gewissen Schutz vor Fressfeinden wie Hauskatzen, Mardern und anderen Beutegreifern.

Andere Rosengewächse, neben den Apfelfrüchten oder den Steinfrüchten, haben Hagebutten-artige Früchte. Hier sind viele Lernende völlig überrascht, wenn ihnen bewusst wird, dass Hagebutte eigentlich nicht der Name der Pflanze ist, sondern es sich um Früchte der Rose handelt. Hagebutten sind die Früchte der Gattung Rose (*Rosa*) aus der Familie der Rosengewächse. Sie enthalten keine Balgfrüchte wie die Apfelfrüchte, aber viele Samen in einem fleischigen Becher.

Nur reife Früchte schmecken

Immer wieder kann man beobachten, dass unerfahrene Gartenbesucher bei jeder am Baum erkennbaren Frucht vermuten, sie wäre sofort zu Verzehr geeignet. Reife Früchte der Obstbäume sind in der Regel daran zu erkennen, dass sie sich bei leichter Berührung oder Drehung mit Stiel vom Baum lösen, und erst dann sind die wertvollen Inhaltsstoffe in hoher Konzentration vorhanden. Unreife Früchte von Quitte oder Apfel sind

schlicht ungenießbar, auch wenn sie schon die endgültige Größe erreicht haben. So lernen die Schülerinnen und Schüler am konkreten Phänomen, ihren Sinnen zu trauen und sie zu schulen, dies fördert das Differenzierungsvermögen.

Der Wasserklausur - Wertvolle Inhaltsstoffe von Gartenprodukten konservieren und vor dem Verderb schützen

Wasser ist zwar kein Nährstoff, aber eine der wichtigsten Lebensgrundlagen: Lösungsmittel, Transportmittel oder auch Rohstoff für Stoffwechselprozesse. Dies gilt für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bakterien. Daher ist das Trocknen eine bewährte Konservierungsmethode (Abbildung 106). Den Mikroorganismen wird durch Wasserentzug das Wachstum unmöglich gemacht, so verderben die Produkte nicht. Apfelsorten mit vielen wertvollen sekundären Pflanzenstoffen wie Polyphenolen bräunen stärker (durch Phenoloxidasen) als beispielsweise der handelsübliche „Gelbe Köstliche“, wenn man sie anschneidet. Diese bräunliche Färbung ist dem Geschmack aber in keiner Weise abträglich. Die Bräunung könnte man durch Ascorbinsäure bzw. Zitronensaft bremsen. Je größer die Oberfläche, um so eher verdunstet Wasser. Getrocknete Früchte haben natürlich einen hohen Gehalt an Fruchtzucker.

Eine weitere Konservierungsmethode ist das Entziehen von Wasser durch Zusatz osmotisch wirksamer Substanzen. Dies können Salz (beim Pökeln von Fischen oder Fleisch) oder Zucker sein (meist bei Obst, Abbildung 20).

Die Methode der Entwässerung wenden auch Honigbienen an, wenn sie Nektar durch wiederholte Weitergabe immer weiter eindicken, bis der Wassergehalt unter 18% liegt. Hat der Honig noch zu viel Wasser, ist er unfertig und könnte gären. Gleiches gilt für Obst und Obstsaft – wässrige Lösungen von Zucker gären, weil Hefen und Bakterien allgegenwärtig sind. Bei dieser Gärung entsteht Alkohol.

Bei der Herstellung von Gelee oder Marmelade (Heft 2, S. 81) wird dem Obst konzentrierter Zucker zugesetzt, um Mikroorganismen das zum Leben notwendige Wasser vorzuenthalten. Zusätz-

lich wird das Einkochte durch Hitze von Mikroorganismen befreit.

2. Konkrete Bezüge des Bildungsplans zu den Lernsegmenten für das „Labor Schulgarten“

Die Leistung der Pflanzen schätzen zu lernen ist ein wesentlicher Aspekt schulischer Bildung im Sinne von Scientific literacy. Kinder sollten spätestens im Alter von etwa 10 - 11 Jahren gelernt haben, dass Pflanzen auch Lebewesen sind.

Gemäß Bildungsstandards des Faches Biologie (KMK 2005) steht die zelluläre Organisation der Lebewesen im Mittelpunkt unterrichtlicher Erarbeitungen des Biologieunterrichts in Klasse 8. Die Schülerinnen und Schüler können

- „mit dem Lichtmikroskop sachgerecht umgehen und unter Anleitung einfache Präparate herstellen;
- erklären, dass Lebewesen aus Zellen aufgebaut sind;
- den Aufbau einer typischen tierischen und pflanzlichen Zelle beschreiben sowie lichtmikroskopische Bilder interpretieren; ...“

Weitere Vertiefungsmöglichkeiten dieser *zellulären und biochemischen* Aspekte eröffnen sich lt. Bildungsplan in Klasse 10 (hier nicht näher aufgelistet) bzw. in der Kursstufe. Schülerinnen und Schüler können

- „die Bedeutung der Kompartimentierung der Zelle erklären und den Zusammenhang von Bau und Funktion“ von Zellorganellen erläutern;
- „die Bedeutung der Proteine als Struktur- und Funktionsmoleküle des Lebens erläutern“ (Genwirkkette der Anthocyan synthese).

Zu wesentlichen Kompetenzen in den Naturwissenschaften gehören nicht nur Fachwissen oder Bewertungskompetenz, sondern auch Kompetenzen im Erkenntnisgewinn. Neben dem Experimentieren spielt auch die *Modellmethode* eine unverzichtbare Rolle. Die Lernsegmente (S. 39 ff.) enthalten Vorschläge, um gemäß den Forderungen des Bildungsplanes „Präparate verschiedener Zelltypen“ herzustellen, zu analysieren und Zelldifferenzierungen zu beschreiben.

Die Betrachtung der zellbiologischen Ebene ist

eine Voraussetzung für das Verständnis von Erklärungen auf der molekularen Ebene in den weiterführenden Jahrgangsstufen.

Häufig gehen Schüler sehr unkritisch mit Modellen um. Sie betrachten Modelle meist als Hilfsmittel zur Visualisierung, aber kaum als Instrument, um offene Fragen wirklich zu klären, eine mögliche Lösung zu modellieren und zu prüfen. Bei Pflanzenfarben und deren Kompartimentierung durch Membranen können die Schüler wirklich modellieren und dabei ihre Denkmodelle prüfen.

Aber warum sollte man dazu den Schulgarten oder das Schulumfeld einbeziehen? Lassen sich diese Vorgaben nicht auch im Klassenraum umsetzen? Durch die Verknüpfung des Lernens drinnen und draußen bekommt das Gelernte eine besondere Qualität, es wird „merk-würdig“. Dabei ist die Verbindung zwischen der zellulären Ebene und den Pflanzen in ihrem ökologischen Umfeld intendiert. Im Ergebnis solcher Lernprozesse werden dann zu Indikatoren und Anthocyanen nicht nur Rotkohlsaft und das Schulbuch assoziiert, sondern vielleicht die Apfelbeere, der Liguster, „blaublütige“ Gartenpflanzen, das zarte Rosa der Kartoffelrose, die herbstlichen Laubblätter des Spitzahorns oder die vielen anderen abgestuften roten und blauen „Eye-catcher“ in unserem täglichen Lebensumfeld. Und gesund sind diese tollen Farben auch noch!

Salutogenese in der Schule - mehr als nur Theorie

Während viele Bemühungen um Gesundheitsförderung in den letzten Jahrzehnten solchen Konzepten wie Abschreckung, Aufklärung oder Risikofaktorenabschätzung untergeordnet waren, ist derzeit ein Modell von Aaron Antonovsky im Gespräch - die *Salutogenese*. Es ist das heute am breitesten akzeptierte Konzept der Gesundheitsförderung. In Abkehr von pathogenetisch orientierten Ansätzen geht die *Salutogenese* von einem dynamischen Begriffsverständnis von Gesundheit aus. Das Spannungsfeld zwischen positiver oder erfolgloser Bewältigung von Anforderungen und Stress führt mal mehr, mal weniger zu Wohlbefinden oder Missbefinden. Wir sind nie völlig gesund oder völlig krank. Generalisierte Widerstandsres-

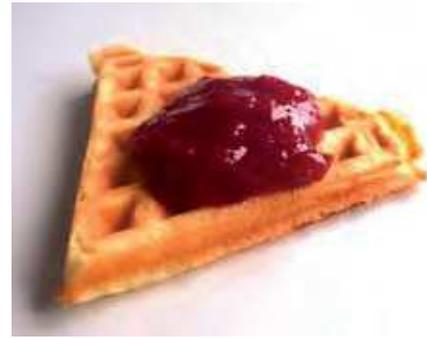


Abbildung 20: Marmelade wird durch Zuckerzugabe haltbar gemacht. Hier: Kornelkirschmarmelade auf einer Waffel.



Abbildung 21: Carotinoide in den Zellen der roten Paprika



Abbildung 22: Carotinoide in den Zellen der grünen Paprika

sources tragen nach dem Modell der Salutogenese dazu bei, dieses Verhältnis möglichst in Richtung Wohlbefinden, in Richtung Gesundheit zu verschieben. Kern des Modells ist das so genannte Kohärenzgefühl (*Sense of coherence*) mit den drei Komponenten *Machbarkeit, Verstehbarkeit und Sinnhaftigkeit*. Der salutogenetische Ansatz spiegelt sich nicht nur in Programmen und Materialien der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, sondern auch im Bildungsplan.

In den stufenspezifischen Hinweisen zu Klasse 8 im Bildungsplan 2004 für „Allgemein bildende Gymnasien“ wird auf „Ich-Stärke“ orientiert. Bei Kompetenzen und Inhalten wird formuliert, Schülerinnen und Schüler „werden sich bewusst, dass Neugier, Gruppenzwang, mangelnde Ich-Stärke oder geringe Frustrationstoleranz zu Missbrauch und Abhängigkeit von Suchtmitteln führen können.“ Sie erfahren, dass eine ausgeprägte Ich-Stärke eine wichtige Voraussetzung ist, in Konfliktsituationen angemessen zu reagieren.

Der Anspruch klingt hoch, aber der tägliche Lebensraum Schule ermöglicht intensive Einwirkung auf unsere Kinder und die Ausbildung vernünftiger Gewohnheiten. Der Schulgarten kann als selbstverständlicher Raum erlebt werden, in dem man seinen Körper spürt, andere Muskelgruppen aktiviert als beim Sitzen, köstliche Früchte der Saison zu schätzen lernt, sich aktiv und kompetent in der Gruppe erlebt. Warum zu Kopfschmerztabletten greifen, wenn man den Kopf im Garten frei bekommt, warum Vitamin-tabletten schlucken, wenn man sich beim Genuss der Gartenfrüchte wohl fühlt. Wir können den Garten als einen Ort erleben, bei dem man unter Licht und frischer Luft gemeinsam redet, entspannt, sich wohl fühlt. „Die Schülerinnen und Schüler sind sich der Bedeutung einer gesunden Ernährung bewusst und kennen die Probleme, die mit Essstörungen verbunden sind.“ Sie können „... die Bedeutung der Nährstoffe für die Energieumwandlung im Organismus erklären.“ (*Klasse 8 Inhalte und Kompetenzen*)

Der Kern der nachfolgenden Unterrichtsvorschläge zu „gesunden“ Pflanzeninhaltsstoffen ist die Einbindung von Lehrplanvorgaben der Zellbiologie in alltagsrelevante Kontexte zur Gesundheitsförderung sowie die Öffnung des Lernraumes

zum Schulgebäude hin zu einer Vernetzung mit sinnvollen Aktionen im Freiland.

Bundesweiter Konsens besteht darin, dass im Unterricht auch **Bewertungskompetenz** zu entwickeln ist. In Klasse 10 sollen im Bereich der „Wechselwirkung zwischen Lebewesen“ Abhängigkeiten erklärt und auf Basis „ökologischen Wissens und der in anderen Fächern erworbenen Kenntnisse ein Bewusstsein entwickelt werden, dass nachhaltiger Umweltschutz eine wesentliche globale Aufgabe ist.“ (*Klasse 10 Kompetenzen und Inhalte*)

- Warum sind Vitamine gesund?
Hier bietet das Kapitel etliche physiologische Zusammenhänge.
- Ist ökologisch produziertes Obst und Gemüse gesünder als konventionell oder im integrierten Anbau produziertes „Essen“?
Hier geht es weniger um die Produktqualität, sondern vielmehr um die Auswirkungen auf Grundwasser und Umwelt und damit um langfristige Folgen im Sinne von Nachhaltigkeit (vgl. S. 32 ff.).
- Beeinflusst unser Konsumverhalten die Weltwirtschaft?
- Welche Marktsegmente besetzen regionale und saisonale Produkte?
- Welche globalen Folgen hat es, wenn Bedürfnisse nach Pflanzenprodukten der westlichen Welt nicht nach Möglichkeit regional, sondern global bedient werden?

All dies sind komplexe, ökologisch und marktpolitisch relevante Fragen. Sie berühren zugleich Fragen der Humanbiologie mit Lehrplanrelevanz zu Klasse 8 des Gymnasiums. Hier geht es auch um Bildung für Nachhaltige Entwicklung.

Der Ansatz **experimenteller Untersuchungen** im Freiland - Labor Garten ermöglicht, Lerninhalte und Prozesse bei den Schülerinnen und Schülern mit *Kontexten* zu verknüpfen. So werden physiologische Zusammenhänge gedanklich nicht nur mit unterrichtlichen (künstlichen) Situationen und Lehrbucheschemata vernetzt. Zugleich werden alltägliche Räume spannender als erwartet erlebt und damit wird Lernen ermöglicht. Gelernt wird, wenn eine Situation mehr bietet als erwartet.

Ohne Carotinoide wird die Arbeitsweise des Seh-



Abbildung 23:
Lernstation zu Anthocyanen
im Schulgarten

farbstoffs kaum zu erklären sein. In Klasse 10 geht es laut Bildungsplan bei den Kompetenzen und Inhalten darum, den „Aufbau des Auges“ zu „beschreiben und den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion“ zu erläutern. „Die Schülerinnen und Schüler werden auf Grund ihres Wissens über Bau und Funktion des menschlichen Organismus befähigt, ihr eigenes Verhalten im Hinblick auf eine gesunde Lebensführung zu reflektieren.“

Laut Bildungsplan Klasse 10 (*Reproduktion und Vererbung*) sollen Schülerinnen und Schüler „den Aufbau der Proteine mit einem einfachen Modell beschreiben und die Bedeutung der Proteine als Wirk- und Bausubstanzen im Organismus erklären“ können. Die Wirkung von Enzymen (Vitamine sind häufige Coenzyme von Enzymen) wird ohne Bezüge zu Pflanzeninhaltsstoffen kaum erklärlich.

Experimentelles Lernen im Freilandlabor Garten lässt sich mit der Vorgabe „Die Schülerinnen und Schüler können ein schulnahes Ökosystem erkunden und wichtige Daten erfassen“ besonders sinnvoll kombinieren. Denn schließlich ist ein naturnah gestalteter Schulgarten mit mehreren Biotopen Teil solcher Ökosysteme.

Literatur:

- KMK: Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand 2005
- Mitchell, A.E. et al. (2007). Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. *J Agric Food Chem.* 2007 Jul 25, 55(15):6154-9.

3. Lernsegmente

Das Chemielabor der Pflanzen wird in acht Lernsegmenten für Schülerinnen und Schüler erfahrbar. Die Übersicht verweist auf die zugehörigen Arbeitsmaterialien.

1. Die Zelle als Verpackungskünstler – Farben in Pflanzenzellen
2. Modell Zelle
3. Mikroskopie lebendiger Strukturen aus dem Garten
4. Fängt Rhabarber Calcium weg?

5. Gelungenes „Food-Design“ im Garten (Anthocyane)
6. ABC – Vitamine – schön und gut ([Material 1, 2 und 3](#))
7. Apfelbeere und Apfelfrüchte ([Material 4 und 5](#))
8. Mispeln – alte Kulturpflanzen mit neuer Perspektive

3.1 Die Zelle als Verpackungskünstler - Farben in Pflanzenzellen (Klasse 6)

Problemstellungen

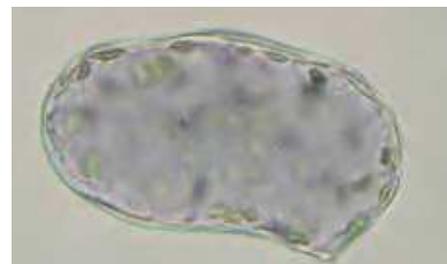
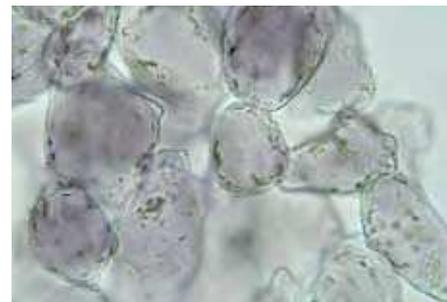
Warum reagiert Rote Bete Saft nicht auf pH-Änderungen? Rote Bete enthält Betalain. Vom Rotkohl dagegen ist seine Nutzung als Anzeiger für Säuren oder Laugen (pH-Wert) allgemein bekannt. Trifft diese Fähigkeit zum Farbwechsel auch auf andere Pflanzenfarben zu? Auf welche zellulären Merkmale der Pflanze lässt das Vorkommen pH - abhängiger Farbstoffe schließen?

Getestet werden auffällig farbige Früchte heimischer Sträucher in Schulumfeld oder Schulgarten: Holunder, Liguster (*nach Benutzung Hände waschen, weil giftig*), Apfelbeeren, Pflaumen, Mahonien, Kornelkirschen...

Die Mikroskopie der Holunderfrüchte ist einfach und reizvoll. Stärkekörner kann man gut mit Lugolscher Lösung färben. Gut zu mikroskopieren ist die Kornelkirsche. Ein Schabepreparat ergibt einzelne Zellen oder Zellgruppen, ähnlich wie beim Liguster. Die mikroskopischen Untersuchungen bieten Gesprächsanlässe und Erkenntnisse über zelluläre Zusammenhänge: Die farbige Vakuole ist durch die Membran des Tonoplasts vom übrigen Zytoplasma abgegrenzt. Diese selektiv durchlässige Membran ist wichtig für Prozesse der Osmose bzw. der Plasmolyse, wenn der Zelle Wasser entzogen wird. Diskutiert werden sollte auch, dass die pralle Vakuole ausdifferenzierter Zellen der Früchte alle anderen Organellen als Plasmasaum dicht an die Wand der Zelle presst, aber auch hier ist noch eine Membran dazwischen. Es sind niemals alle Zellorganellen solcher großer Einzelzellen gleichzeitig scharf einstellbar.



Abbildung 24: Anthocyan in den Vakuolen der Küchenzwiebel *Allium cepa*: Die Zellkerne sind durch andere Lichtbrechung erkennbar, der Plasmasaum ist schmal.



Abbildungen 25, 26: Zellverband und Einzelzelle aus dem Fruchtfleisch des Ligusters im Lichtmikroskop



Abbildung 27: Vakuolenfarbstoffe aus dem Fruchtfleisch des Ligusters verfärben sich in Abhängigkeit vom Säuregehalt.



Abbildung 28: Modell gefärbter Zellen aus einfachen Haushaltsmaterialien, Vakuolen mit oder ohne Anthocyane, Plastiden, Zellkerne, Zellmembran und Zellwand, Zytoplasma

Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, sich mithilfe von Universalindikation eine eigene farbige Eichkurve für Holunder oder Ligusterfruchtsaft (als pH-Indikator zu zeichnen).

3.2 Modell Zelle (Klasse 8 und Kursstufe)

Problemstellungen

Im Lernsegment 1 wurden die Schülerinnen und Schüler mit dem Phänomen konfrontiert, dass sich manche Pflanzenfarben (Anthocyane) durch Zugabe von Säure oder Lauge in der Farbe verändern, andere Farbstoffe jedoch nicht (rote Paprika, Tomate, Rote Bete). Sie werden aufgefordert, durch zelluläre Untersuchungen und durch Nutzung der *Modellmethode* diese Unterschiede zu erklären. Zum Modellbau sind alltägliche Materialien zu verwenden.



Abbildung 29: Strukturmodell der Vakuolenfarbstoffe der Zellen der Erdbeere



Im Ergebnis der Untersuchungen unterschiedlicher Gartenobjekte werden die Schülerinnen und Schüler der Klasse 8 mithilfe eines Zellmodells die Zell-Bestandteile Zellwand, Zellmembran, Zellplasma, Vakuole mit Membran, Zellkern und Plastiden erkennen und den entsprechenden realen Zellbestandteilen zuordnen können. Die Schülerinnen und Schüler ordnen die Farbstoffe verschiedenen zellulären Reaktionsräumen zu. Sie unterscheiden wasserlösliche Vakuoleninhaltsstoffe und nicht wasserlösliche Farbstoffe in Plastiden und erläutern das Prinzip der Kompartimentierung.

In der Kursstufe sollten die Schülerinnen und Schüler die Bedeutung der Zellmembran für den geregelten Stofftransport erläutern können. Sie sollten diskutieren, welche Zelleigenschaften mit ihrem Zell-Modell erklärt werden können und welche nicht. Sie machen vor allem Vorschläge zur Verbesserung des von der Lehrkraft angebotenen Zellmodells aus Kunststoffdosen und Folienbeuteln.

Wie verarbeitet unser Auge mit dem Gehirn die Farbeindrücke? Manche Farben überlagern sich. Anscheinend schwarze oder braune Saftmale auf Kronblättern gehen auf Carotinoide und Anthocyane zurück (zum Beispiel beim Stiefmütterchen).

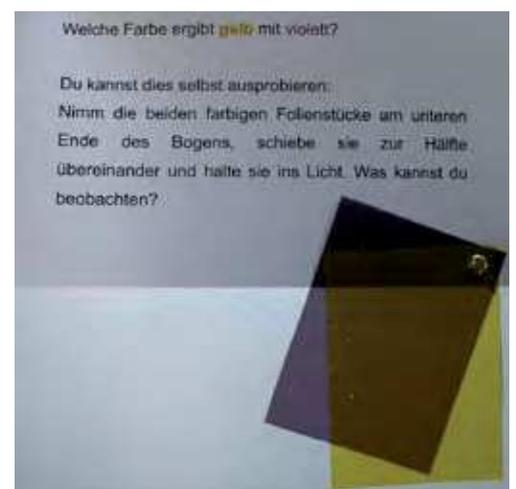


Abbildung 31: Funktionsmodell aus Farbfolien zur Überlagerung von Plastiden- und Vakuolenfarbstoffen

Abbildung 30: Strukturmodell der Zellorganellen Plastiden und Vakuolen der Kronblattepidermis beim Veilchen

3.3 Mikroskopie lebender Strukturen aus dem Schulgarten (Klasse 8)

Problemstellungen

Woher bekommen Lehrer und Schüler preiswert und frisch für die Mikroskopie geeignete Objekte? Im Schulumfeld und vor allem im Schulgarten wird man immer fündig. Jede Wassertonne beherbergt eine Fülle von Insektenlarven oder Algen. Die Angebote an Pollen sind vom Frühjahr bis zum Herbst überwältigend und vielfältig – von der Hasel im Vorfrühling bis zu Weide, Tulpen, Ahorn, Korbblütlern, Glockenblumen u. v. a. Die Form der Pollen der Korbblütler ist besonders bizarr – sie wirken wie Stachelkugeln. Die absoluten „Riesen“ unter den Winzlingen der Pollenkörner sind die Kürbispollen. Bei genauem Blick kann man die Einfurchenpollen einkeimblättriger Pflanzen von Dreifurchenpollen höherer zweikeimblättriger Pflanzen unterscheiden.

Auch eher unbeliebte Aspekte der Pflanzenbestimmung und Systematik können durch Stereolupe oder Mikroskop aufgewertet werden, vom vierkantigen Stängel der Lippenblütler bis zu den Haaren bei Raublattgewächsen. Aus der fachdidaktischen Forschung wissen wir, dass „Ekeltiere“ durch Betrachtungen von Details in Faszination umschlagen können, bei der Blattlaus ebenso wie bei der Assel (als Laubstreuier und Destruent ein wertvoller Gartenbewohner).

Mikroskopische Bilder müssen nicht in jedem Fall gezeichnet werden. Mit Digitalkameras kann in der Regel direkt über das Okular ordentlich fotografiert werden, alternativ gibt es Adapter für computergestützte Whiteboards. Wichtig wäre jedoch die Diskussion über die Skalierung am mikroskopischen Bild: sind wir auf der Ebene einzelner Zellorganellen (z.B. Membran der Vakuole), ganzer Zellen (Liguster bei 100-facher Vergrößerung oder Pollen bei 400-facher Vergrößerung) oder gar ganzer Organismen (Stechmückenlarve bei 40-facher Vergrößerung).



Abbildung 32: Algen aus dem Gartenteich



Abbildung 33: Mückenlarve



Abbildung 34: Pollen einkeimblättriger Pflanzen



Abbildung 35: Stängel eines Lippenblütlers, Querschnitt

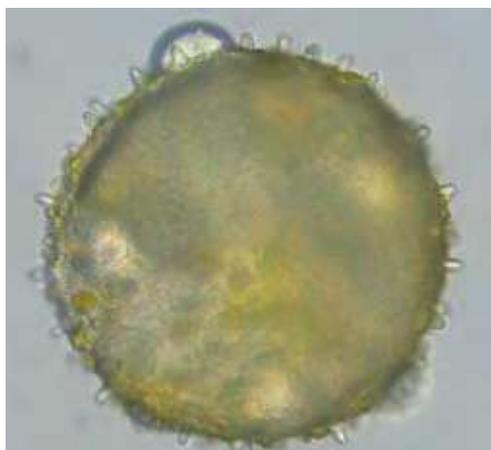


Abbildung 36: Riesenpollen des Kürbis

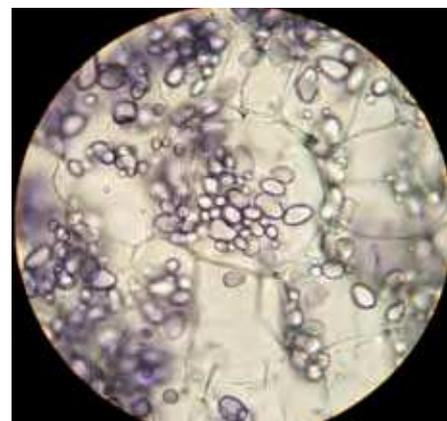


Abbildung 37: Stärke in Zellen der Kartoffel



Abbildung 38 (links): Schnitt durch ein Wurzelknöllchen der bunten Kronwicke
Abbildung 39 (rechts): Die Pollen des Feinstrahls erinnern an Stachelkugeln und sind viel kleiner als Pollen der Quitte.

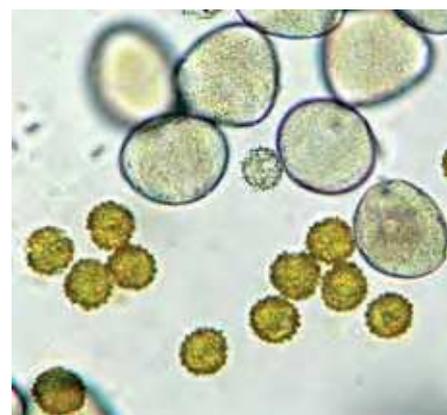




Abbildung 40:
Blühende Rhabarberpflanze

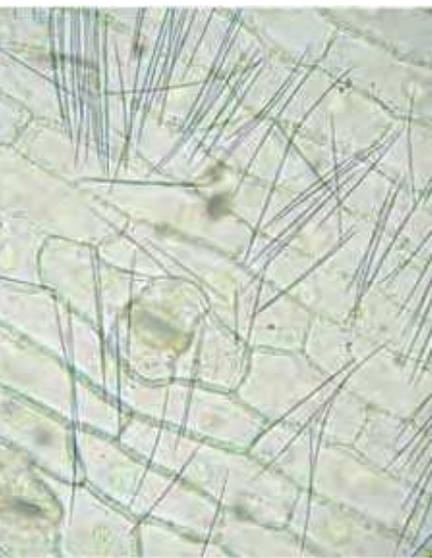


Abbildung 41:
Oxalatkristalle



3.4 Fängt Rhabarber Calcium weg?

Problemstellung

Gemüse sind nicht nur „gesund“, weil sie Vitamine enthalten, sondern auch wegen der Mineralstoffe. Rhabarber gehört mit zu den ersten Kulturen, die man im Frühjahr ernten und zu Kuchen oder Kompott verarbeiten kann. Nun wird häufig behauptet, Rhabarber oder auch Spinat wären gar nicht so gesund, weil sie aus der Nahrung das Calcium wegfangen. Stimmt das eigentlich?

Rhabarber, ein Knöterichgewächs, dessen Blattstiele verzehrt werden, enthält viele Oxalationen. Oxalationen bilden mit Calciumionen eine wasserunlösliche Verbindung. Das Calciumoxalat fällt als weißer Niederschlag aus der Lösung aus:



Also vermindert Rhabarber tatsächlich die Rate des verfügbaren Calciums der Nahrung, die im Darm resorbiert werden könnte. Aber: Etwas Oxalat in der Nahrung ist unproblematisch (sofern man nicht an Erkrankungen wie Gicht leidet), denn an Calciumionen reiche Lebensmittel wie Milchprodukte kompensieren „Verluste“ durch Rhabarber oder Spinat.

Umgekehrt kann man Rhabarbersaft, also Oxalatlösungen, zum Nachweis von Calciumionen benutzen. Milchprodukte, Mineralwasser, Brokkoli u. a. Gemüse enthalten viele Calciumionen, die mit den Oxalationen des Ammoniumoxalats eine unlösliche Verbindung eingehen und dadurch Calciumoxalat bilden. Man kann Ammoniumoxalat auch zur Prüfung der Wasserhärte (Carbonathärte) verwenden.

Die Reaktion von Calciumionen mit Oxalat spielt auch bei der Herstellung von „Oxalatblut“ (zum Beispiel für die Mikroskopie) eine Rolle. Durch Zusatz von Oxalationen wird der Gerinnungsfaktors Calciumionen weggefangen und das Blut gerinnt nicht.

Abbildung 42:
Calciumionen lassen sich durch Oxalationen (Rhabarbersaft) nachweisen.
Von links: Destilliertes Wasser, Leitungswasser, Mineralwasser. Je mehr Calciumionen, desto stärker die Trübung.

3.5 Gelungenes „Food-Design“ im Garten – mit rot und blau (Sachtexte für Lehrerinnen und Lehrer, Schülerinnen und Schüler)

Gesunde Farben im Gartengemüse und Obst

Anthocyane sind eine faszinierende Stoffgruppe. Sie kommen bei vielen Landpflanzen, nicht aber bei Tieren vor.

Man findet sie in den Zellsafträumen. Eine einfache Mikroskopie zeigt: rot oder blau gefärbt sind die Vakuolen der Pflanzenzellen, die Anthocyan enthalten. Wenn die Vakuolen den Stoff enthalten, ist schon klar, dass er wasserlöslich sein muss. Davon kann man sich problemlos selbst überzeugen: Schneidet man frischen Rotkohl mit einem Messer in Stückchen und überschichtet diese mit Leitungswasser, verfärbt es sich sofort. Klein geschnippte Möhren färben dagegen das Wasser nicht, sie besitzen andere rote Farben – die fettlöslichen Carotinoide.

Die Wasserhärte bestimmen – mit Bioindikator

Wie sich Leitungswasser mit Rotkohl verfärbt, hängt von der Wasserhärte des Leitungswassers ab. Bei hartem, kalkhaltigem Wasser gibt es eine azurblaue Lösung. Weiches oder gar leicht saures Wasser ergibt violette und pinkfarbene Töne. Ganz rot wird Rotkohlsaft erst nach dem „Würzen“ mit Essigsäure oder Zitronensäure. Mit dem einfachen Rotkohl können wir also testen, wie hart unser Trinkwasser ist. Das örtliche Wasserwerk kann man zum Vergleich nach der Wasserhärte befragen.

Eingebauter

Sonnenschutzfaktor im Gemüse

Anthocyane werden vorrangig in äußeren Zellschichten der Pflanzengewebe gebildet. Bei „roten“ Zwiebeln oder Radieschen ist das besonders offensichtlich. Nur die Vakuolen der Zellen einer Epidermis sind hier rötlich, alle anderen durchsichtig. Hier wird eine wesentliche Funktion dieser Stoffgruppe offenbar – sie schützen vor zuviel Licht und damit einhergehenden UV-bedingten Gewebeschäden. Auch deshalb haben Äpfel an der Sonnenseite „rote Bäckchen“.

Außerdem können diese rötlichen Farbtöne natürlich Tiere (oder Menschen) verlocken, Früchte zu verzehren oder Blüten anzusteuern und damit die Verbreitung der Pflanze zu befördern. Nicht zuletzt binden Anthocyane freie Radikale, die bei oxidativem Stress der Pflanzen entstehen.

Blau Hortensien – wandelbares Lungenkraut (Blumenblau)

Manche Gärtner rücken ihren rosafarbenen Hortensienpflanzen mit Metallsalzen auf den Leib. Sie versetzen die Erde mit Kalium-Aluminiumsulfat (Alaun). Die Hortensien werden nun intensiv blau. Was steckt dahinter?

Die Färbung der Anthocyane ist nicht nur pH-abhängig, sondern die Anthocyane bilden bereitwillig Komplexe – also chemische Verbindungen mit Metallionen. So machen sich Zierpflanzengärtner die Chemie der Anthocyane zunutze, um besondere Effekte hervorzurufen. Ob solche Farbspiele unter Nutzung von Metallsalzen ökologisch sinnvoll sind, ist fraglich.

Anthocyane können also mit dreiwertigen Metallionen Komplexe bilden und dadurch die Farbpalette um viele weitere Töne bereichern, als pH-Wert-Änderungen allein dies könnten.

Das Lungenkraut, ein heimischer Frühblüher, schafft den Trick mit Blau und Rot ganz ohne künstliche Beeinflussung. Bei Vergissmeinnicht oder Beinwell, anderen *Raubblattgewächsen*, findet man ähnliche Effekte.



Anthocyane machen auch einen wesentlichen Aspekt (wenn auch nicht den einzigen) der herbstlichen Laubfärbung aus. Zerfällt das Chlorophyll, kommt die zuvor verborgene Pracht der Anthocyane zum Vorschein. Bei Spitzahorn zum Beispiel kann man Anthocyane sehr gut sehen und mit Wasser oder Ethanol herauslösen. In die Lösung taucht man ein Filterpapier. Die Auftrennung der Farben im Papierstreifen nennt man *Chromatographie*.

Abbildung 43: Borretsch mit rosa und blauen Blüten an einer Pflanze. Borretsch ist eine wertvolle Bienenfutterpflanze und ein köstliches Gartenkraut.

Stimmt die Rebsortenangabe auf dem Etikett der Rotweinflasche?

Wie kann man testen, ob es tatsächlich ein Spätburgunder oder ein Dornfelder ist?

Rote Trauben enthalten meist ein *Gemisch* aus Anthocyanen. Durch chromatographische Verfahren wie z.B. HPLC (High Performance Liquid chromatographie, *Hochleistungsflüssigkeitschromatographie*) kann man die Farbstoffe analytisch auftrennen. In Kombination mit einer weiteren Substanz, der Shikimisäure, kann bei Rotweinen geprüft werden, ob es sich tatsächlich um die Rebsorte handelt, die auch auf dem Etikett angegeben ist.

Eine einfache Chromatographie ist mit Kieselgel-

platten oder Filterpapier möglich. So kann man nicht nur das Bandenmuster, sondern auch die Anteile der verschiedenen Anthocyane bei unterschiedlichen Früchten, Blüten oder Blättern vergleichen. Dazu werden gleiche Mengen der Proben zerkleinert und mit Ethanol oder Wasser versetzt. Mit einer Pipette werden wenige Tropfen der Lösung auf eine Startlinie (1 cm über dem unteren Rand) des Chromatographiepapiers oder der Kieselgelplatte getropft. Man lässt leicht antrocknen. Nun wird der Streifen in das Gefäß mit dem Laufmittel eingesetzt. Das Laufmittel trägt die verschiedenen Anthocyane unterschiedlich weit. Klappt die Technik? Dann kann man mit dieser Methode weitere eigene Forschungsfragen klären, vielleicht sogar verschiedene Rotweine testen.

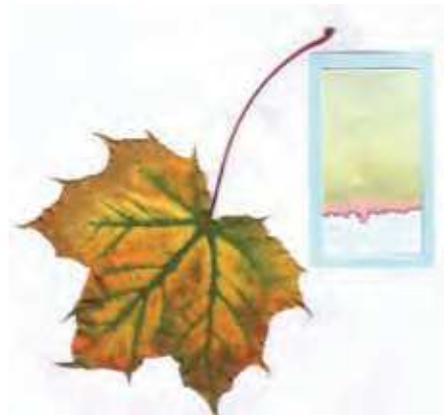


Abbildung 44: Chromatografie der Blattfarbstoffe beim Spitzahorn



Abbildungen 45, 46, 47: Chromatographie der Fruchtfarbstoffe mit Filterpapier und Laufmittel Wasser oder Ethanol



Abbildung 48: Früchte aus dem Schulgarten lassen sich einfrieren und zu jeder Jahreszeit nutzen. Hier sind vertreten Apfelbeere, Johannisbeere, Kornelkirsche, Sanddorn und Schwarzer Holunder.

E 163

Was steckt hinter dem zugelassenen Lebensmittelzusatzstoff E 163, der ohne Höchstmengenbeschränkung den meisten Lebensmitteln zugesetzt werden darf (außer Honig, Brot, Nudeln oder bestimmten Milchprodukten)?

Es sind Anthocyane, die zur Färbung von Fruchtgelees, Süßwaren, Brausen oder Marmeladen, Speiseeis oder Backwarenüberzüge verwendet werden.

Von den mit der Nahrung aufgenommenen Anthocyanen ist etwa 1 % bioverfügbar, der Rest wird schnell umgewandelt und ist daher nicht von Nutzen. Die aufgenommenen Anthocyane aber erweisen sich als wirksame Antioxidantien. So kamen Gentechniker sogar auf die Idee, der Tomate ein paar Gene für Anthocyane aufzudrängen und lila Tomaten wachsen zu lassen (die aber in Deutschland bisher nicht zulassen sind). Bei der Fülle anthocyanhaltiger Gemüse- und Obstsorten ist dies sicher auch völlig unnötig.

Blumenblau - Nobelpreisverdächtig

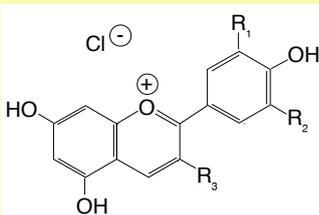


Abbildung 49:
Allgemeine Formel eines Anthocyan

Für die Strukturaufklärung der Anthocyane erhielt Richard Willstätter 1915 den Nobelpreis für Chemie. Das Grundgerüst der Anthocyane besteht aus einem sauerstoffhaltigen Sechsring, an den als weiterer Sechsring ein Benzolring kondensiert ist. Dieser sauerstoffhaltige Sechsring trägt als zusätzliche Seitenkette eine Phenylgruppe. Diese wiederum kann durch weitere Substituenten als Seitenketten variieren. Die Anthocyane sind also nicht nur für unser Auge attraktiv, sondern besitzen mit ihrem Ringsystem auch eine „schmucke“

Formel. Anthocyane sind stoffliche Abkömmlinge der gelben Flavonoide. Auch die Vorstufen der Anthocyanbildung in Pflanzen können farblos oder blass sein. Die Anthocyanbiosynthese ist in der Genetik ein „Lehrbuchbeispiel“ einer Genwirkkette.

Die Stammverbindungen der Anthocyane sind also Flavone. Und auch von diesen gelblichen Farben kommen zahlreiche in Obst und Gemüse vor.



Abbildungen 50, 51:
Lernstation am außerschulischen Lernort: Grünes Klassenzimmer auf der Landesgartenschau in Schweningen

Kann man mit Pflanzeninhaltsstoffen Materialien färben?

Aus einigen Pflanzen mit **Flavonen** kann durch Fällung ein für die Malerei geeignetes Pigment hergestellt werden (*Stil de grain* oder *Schüttelgelb*). Es setzt sich in der Flüssigkeit ab, und man muss es vor Gebrauch aufschütteln. Solche Färbepflanzen sind der Kreuzdorn (*Rhamnus*) mit *Rhamnetin*, die Rinde der Färbereiche (*Quercus tinctoria*) mit *Quercetin*, das Gelbholz bzw. der Färbermaulbeerbaum (*Morus tinctoria*) mit *Morin* und die Färberresede (*Reseda luteola*) mit *Luteolin*, (3',4',7'-Trihydroxy-flavon). Die Färberresede ist zudem eine wertvolle Bienenfutterpflanze.

Flavone gehören zu den phenolischen Verbindungen. In der Stoffwechselphysiologie wird meist auswendig gelernt, dass FAD und FADP in lebenden Systemen als Wasserstoffüberträger fungieren. Schaut man sich den ausführlichen Namen an, zeigt sich der Bezug zu Flavonen: FAD ist Flavonadenindinukleotid. Vitamin B2 ist ein Riboflavin.

Anthocyane werden zwar in der Malerei nicht als Farbstoffe verwendet, denn sie sind nicht lichtecht. Aber in den Lebensmitteln kommen sie zum Einsatz. Anthocyane sind mit Zuckerresten versehene (glykosidische) Farbstoffe, die im Zellsaft von Blüten und Früchten vorkommen. Die eigentlichen Farbstoffkomponenten enthalten keinen Zuckeranteil und werden (engl.) als Anthocyanidine bezeichnet. Cyanidin wird durch Extraktion von blauen Trauben, Kirschen, Pflaumen und Preiselbeeren gewonnen und zum Färben von Brausen und Süßwaren verwendet.

Betalaine sind eine andere Stoffgruppe, die ähnliche Funktionen wie Anthocyane übernimmt, jedoch aus dem Aminosäurestoffwechsel stammt und kein Phenolabkömmling ist. Betalaine werden häufig zum Färben von Lebensmitteln verwendet, zum Beispiel Joghurt mit Betalain der Roten Bete. Die Farbe der Roten Bete ist *nicht* pH-sensitiv.

3.6 ABC - Vitamine - schön und gut

Vitamin C und andere Inhaltsstoffe von Wild- und Kulturpflanzen

Problem:

Dass Seefahrer nach langen Reisen ihre Krankheitssymptome mit Scharbockskraut kurieren konnten, hat sich inzwischen herumgesprochen. Wozu aber bilden die Pflanzen Vitamin C? In welchen wild wachsenden oder kultivierten Pflanzen sind diese Vitamine zu finden? Warum wird heute vorrangig auf Gemüse und Obst abgehoben, weniger auf wild wachsende Kräuter?

Durch das Modul sollten die Schülerinnen und Schüler (Klasse 8 /10) erkennen, dass Vitamin C (Ascorbinsäure) in verschiedenen Pflanzen in unterschiedlicher Menge enthalten ist und sie halbquantitativ in verschiedenen Substraten nachweisen. Sie sollten erklären, dass eine vielfältige und abwechslungsreiche Zusammenstellung der Nahrung in unterschiedlichen Gehalten an Inhaltsstoffen begründet ist (z. B. Ascorbinsäure, Carotinoide, Mineralstoffe, B-Vitamine sowie natürlich Nährstoffe, aber auch toxische sekundäre Pflanzenstoffe oder Oxalat).



Sie erkennen die Bedeutung von Vitamin C als ein wasserlösliches Vitamin, das bei Enzymwirkungen und als Antioxidans eine Rolle spielt. Die Schüler erklären die Bedeutung des wasserlöslichen Vitamins C exemplarisch als ein Coenzym, das bei Enzymwirkungen [Hydroxylierungen] unverzichtbar sowie als antioxidativer Stoff beim Schutz von Molekülen lebender Zellen bedeutsam ist.

Abbildung 52: Teststreifen auf Ascorbinsäure sind im Freiland einsetzbar.

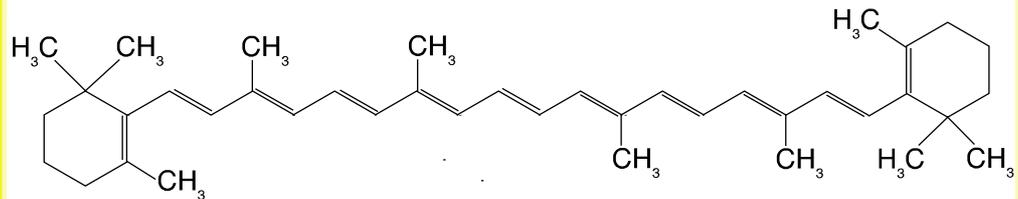
Carotinoide - Provitamin A?



Abbildung 53: Carotinoide sind bereits mit bloßem Auge als orange und gelbliche Farben gut erkennbar.

Sachinformationen

Die menschliche Fortpflanzung mit Eizellen- und Spermienreifung, die Placenta- und Embryonalentwicklung, die Testosteronproduktion in den Zwischenzellen der Hoden – all das sind Prozesse, die nicht ohne einen bekannten Naturstoff auskommen – Carotinoide. Auch das Wachstum und die Zelldifferenzierung sowie die Immunzellreifung und die Herstellung der Immunglobuline werden neben weiteren lebenswichtigen Prozessen durch Carotinoide beeinflusst, haben Ernährungsexperten herausgefunden (nach Heseker, H. & Stahl, A. *Ernährungsumschau* 9/2010).



Von den etwa 50 für Menschen bedeutsamen Carotinoiden ist das Beta-Carotin der Möhre sicher am bekanntesten. Die endständigen Kohlenstoffringe können auch andere Seitenketten als Methylgruppen (wie hier beim Beta-Carotin) tragen. Beta-Carotin mit seinen 40 C-Atomen wird auch als Provitamin A bezeichnet. Es wird verwendet als Bestandteil des Sehfärbstoffs (all-trans-Retinol / 11-cis-Retinal, vgl. im Schulbuch zum Thema Auge) in unserer Netzhaut. Vitamine sind also tatsächlich unverzichtbar und gesund.

Aufgaben:

1. Nimm getrocknete Tomaten, schneide sie in kleine Stücke und schwenke sie in erwärmtem Speiseöl! *Vorsicht vor heißen Fettspritzern! Das Fett darf keinesfalls so heiß werden, dass es raucht.*
 Filtriere die Fruchtstücke ab! (Man kann auch Paprikapulver in erwärmtem Speiseöl verrühren und dann abfiltrieren).
2. Stelle zur Kontrolle auch noch einen fetten Auszug des Carotins der Möhre her! Dazu zerreiße Stücke von gekochter Möhre, am besten im Mörser, und gib die gleiche Menge Pflanzenöl hinzu! Anschließend filtrierte ab! Worin ist das Beta-Carotin der Möhre löslich? Für welche Funktionen im Körper ist Beta-Carotin unverzichtbar? Formuliere die Aussagen in Sätzen oder als Schema!
3. Wie viele Kohlenstoffatome enthält ein Molekül Beta-Carotin? Wo muss das Molekül gespalten werden, um den Sehfärbstoff herzustellen (aus einem Carotinmolekül könnten theoretisch zwei Moleküle Retinal entstehen).



Abbildung 54: Extraktion von Carotinoiden im Schülerversuch



Lösungen

zu Aufgabe 2:

siehe Abbildung 55

zu Aufgabe 3:

In Beta-Carotin sind 40 Kohlenstoffatome gebunden. Zur Herstellung des Sehfärbstoffs der Retina muss das Molekül in der Mitte gespalten werden

Abbildung 55: Phasentrennung von Öl und Wasser im rechten Reagenzglas

Warum ist Vitamin C „gesund“?

Vitamin C oder chemisch *Ascorbinsäure* genannt, wurde 1912 entdeckt. Ascorbinsäure unterstützt die Bildung von Hormonen in den Nebennieren, hilft beim Aufbau von stabilem Kollagen im Bindegewebe und regt die weißen Blutkörperchen (*Leukozyten*) zu Wachstum und Teilung an. Weiterhin dichtet es Kapillaren der Blutgefäße ab oder bringt viele Metallionen (z.B. das Eisen-Kation, benötigt für die Bildung des Hämoglobins) in eine für den Körper verwendbare Form. Eine Mangelerscheinung bei *Unterversorgung mit Vitamin C* ist *Skorbut*. Diese Seefahrer-Krankheit ist durch Zahnausfall, Müdigkeit, Blutungen, Anfälligkeit für Infekte und Muskelschwäche gekennzeichnet. Der Tagesbedarf des Menschen an Vitamin C beträgt durchschnittlich 100 mg. Enthalten ist Ascorbinsäure in Obst und Gemüse, besonders reichlich jedoch in Sanddorn, Paprika, Hagebutten und Zitrusfrüchten, aber auch tierischen Geweben wie Walhaut. Vitamin C kann schnell reversibel (*umkehrbar*) oxidiert und reduziert werden und ist deshalb ein wichtiges Redox-Agens vieler Reaktionen im Stoffwechsel.

Vitamin C wirkt mit bei der katalytischen Übertragung von OH-Gruppen (Hydroxylgruppen). Es ist damit ein Coenzym bei mehreren Redoxreaktionen. Eine davon ist beispielsweise die Übertragung von Hydroxylgruppen auf die Aminosäure Prolin, es entsteht Hydroxyprolin. Prolin ist ein Bestandteil des Kollagens. Mit Hydroxyprolin werden Kollagenfasern deutlich stabiler als bei Aminosäuren ohne die Hydroxylgruppen. Daher rührt ein Gesundheitswert von Vitamin C (neben etlichen weiteren Redoxreaktionen).

Von dem gängigen Nachweis reduzierender Zucker kennen wir den Trick, eine farbintensive Redoxreaktion zu nutzen, um uns von der Anwesenheit reduzierend wirkender Stoffe wie Glucose zu überzeugen. Bei dieser Redoxreaktion wird azurblaues Kupfersulfat in einen ziegelroten Kupferkomplex überführt.

Weitere Nachweise für Vitamin C sind eine Farbreaktion mit Dichlorphenolindophenol (dunkelblaue Lösung wird durch Vitamin C farblos) und handelsübliche Teststäbchen (Abbildung 57).

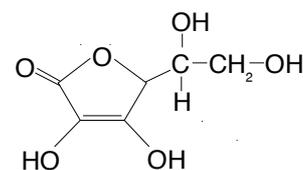


Abbildung 56:
Strukturformel von Ascorbinsäure



Abbildung 57:
Vitamin-C-Bestimmung in Früchten mit Teststäbchen

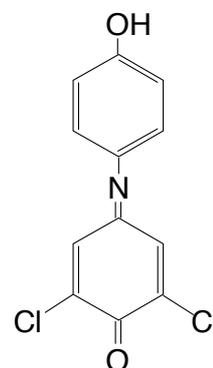


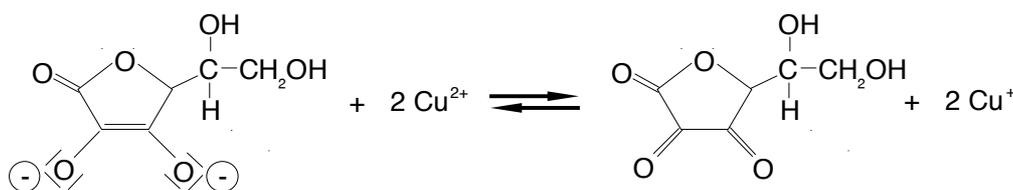
Abbildung 58:
Strukturformel von Dichlorphenolindophenol

Aufgabe:

Kann man diese Farbreaktion mit Fehling I und II, die man vom Nachweis reduzierender Zucker kennt, auch mit Vitamin C hervorrufen? Stelle eine begründete Vermutung auf und prüfe sie!

Lösungshinweis

Fehling I und Fehling II dienen als Nachweis für reduzierende Zucker. Auch Ascorbinsäure wirkt reduzierend, sie bildet ein Redoxsystem mit Dehydroascorbinsäure. Ascorbinsäure ist selbst ein Derivat der Kohlenhydrate.



Ascorbinsäureanion

Dehydroascorbinsäure



Abbildungen 59, 60 : Reaktion von Fehlingscher Lösung mit Ascorbinsäure

Vitamin B2 - ein leuchtendes Beispiel (Kurstufe)

Sachinformationen

Vitamin B2 wird auch Riboflavin genannt und ist ein gelblicher Farbstoff. Entdeckt wurde das Vitamin B2 im Jahr 1920 und zuerst aus Milch isoliert, daher ist es auch unter dem Namen Lactoflavin bekannt. Dieser gelbliche Farbstoff wird in Pflanzen gebildet. Ein organisches Ringsystem ist mit Ribit, einem fünfwertigen Zucker-Alkohol, verbunden. Vitamin B2 ist Baustein der Coenzyme Flavinadeninucleotid (FAD) und Flavinmononucleotid (FMN = Riboflavinphosphat). FAD und FMN wirken als Bestandteile von Enzymen, die Wasserstoffatome übertragen (*Dehydrogenasen*) und Enzymen, welche die bei einer Oxidation frei werdenden Elektronen auf ein Sauerstoffatom übertragen (*Oxidasen*). Diese Enzyme und Coenzyme spielen eine zentrale Rolle bei vielen Stoffwechselreaktionen, wie der Biosynthese und dem Abbau von Kohlenhydraten, Fettsäuren und Aminosäuren. Weiterhin unterstützen Riboflavin bzw. die daraus synthetisierten Coenzyme FAD und FMN weitere Vitamine wie Niacin und Vitamin B6 bei ihren Aufgaben im Stoffwechsel.

Folgende pflanzliche Nahrungsmittel beinhalten Riboflavin: Grünkohl, Erbsen, Brokkoli, gelbe Paprika, sowie Getreide und Getreideprodukte. Der Körper kann Vitamin B2 jedoch auch aus tierischen Produkten resorbieren. Vitamin B2 ist in Lebensmitteln wie Milch, Milchprodukten, Leber, Fleisch und Fisch enthalten.

Riboflavin ist weitgehend hitzestabil, wird aber durch *Licht* inaktiviert. Was geschieht, wenn man ein Stück Fleisch oder eine Paprika oder Brokkoli unter eine UV-Lampe legt und den Raum abdunkelt? Ein grünliches Leuchten ist erkennbar. Riboflavin hat die wunderbare Eigenschaft zu fluoreszieren. Diese Eigenschaft kann man nutzen, um den Gehalt von Vitamin B2 in Lebensmitteln herauszufinden.

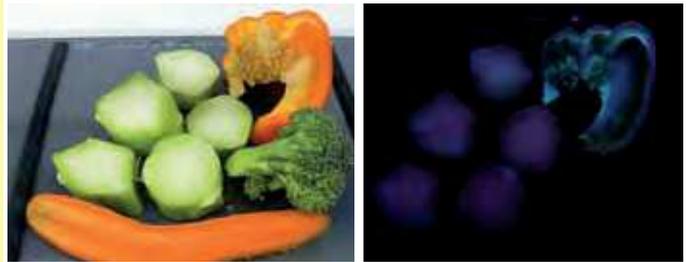
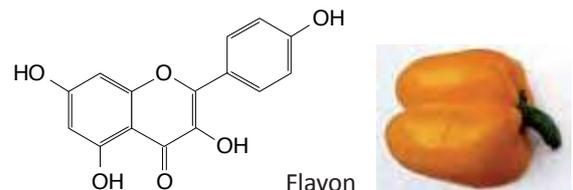
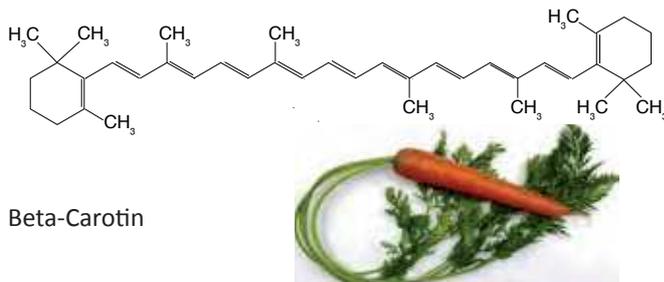
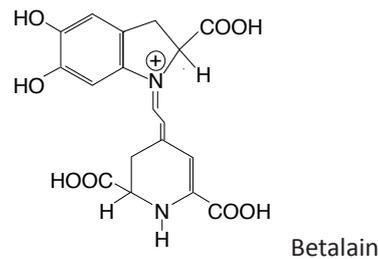
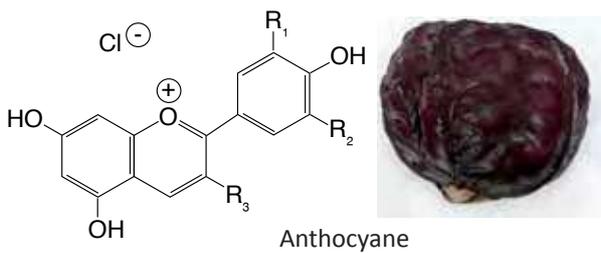


Abbildung 61, 62 : Gemüse unter Tageslicht bzw. UV-Licht

Riboflavin wird auch als Lebensmittelfarbstoff (E101) eingesetzt, zum Beispiel zu Vanillepuddingpulver oder Gummistieren. Diese Produkte fluoreszieren deutlich stärker als Gemüse. Wissenschaftlich unklar ist jedoch, ob dieses künstlich zugesetzte Riboflavin ebenso resorbiert werden kann wie in Lebensmitteln gebildetes Riboflavin.

Aufgaben:

1. Vergleiche die Formeln folgender farbiger Naturstoffe: Anthocyane, Betalaine, Carotinoide und Flavone! Welche davon sind strukturell ähnlich? Markiere ähnliche Strukturen farbig!



2. Teste Gemüse auf Flavonoide! Benutze dazu eine UV-Lampe! **Augenschutz!** Welche Gemüse oder deren Teile sind besonders reich an Flavonen, welche enthalten anscheinend keine Flavone? Fertige eine Tabelle an!
3. Teste die Gemüse mit Teststäbchen auf Vitamin C (denn man kann es nicht sehen). Ergänze die Tabelle und trage Deine Messwerte ein!

Aufgaben (Fortsetzung):

4. Mit Produkten aus dem Schulgarten sorgt man für eine gute Vitaminausstattung des Körpers. Wo genau werden die Vitamine eingesetzt?

Vergleiche dazu die Formeln einiger Vitamine mit denen des Coenzym FAD (Abbildung 63).

Welches Vitamin (vgl. Abbildung 64) ist für die Produktion von FAD unverzichtbar? Um welche Stoffgruppen wird das Vitaminmolekül konkret ergänzt, bis es FAD ist?

Transferaufgabe: Für welche Vitamine oder besser Coenzyme ist die Farbigkeit von Obst und Gemüse wichtig?

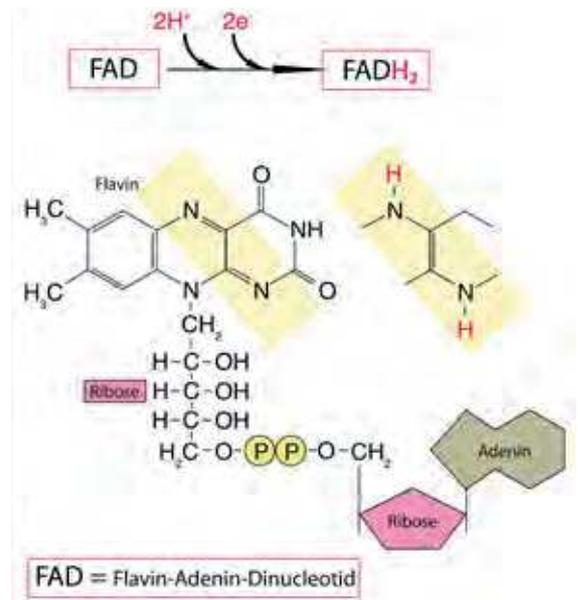
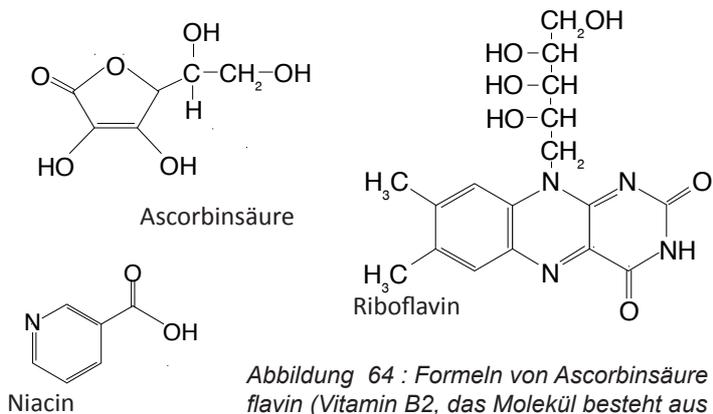
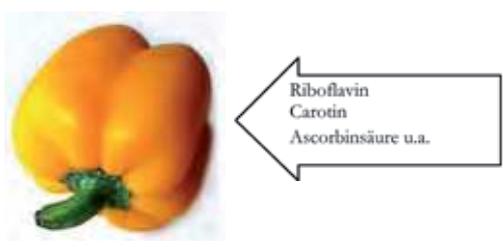


Abbildung 63: FAD wird in der Leber oder dem Herzen gebildet. Es ist als Coenzym an Übertragungen von Wasserstoff im Stoffwechsel beteiligt (FAD – FADH₂).

- 5. Teste aus, ob im Garten gewachsene Früchte (oder Blütenblätter) höhere Gehalte an Vitamin B2 aufweisen als Gewächshausware! Vergleiche die Schalen von Paprika (Exokarp) mit dem Fruchttinnenraum (Endo- und Mesokarp)!
- 6. Vergleiche den Vitamin-B2-Gehalt von gelber Paprika mit Gummibären, Puddingpulver u. a. Fertigprodukten, mit Hefe und mit Brokkolistielen sowie Blütenknospen!
- 7. Ist das Vitamin B2 hitzestabil? Teste das Gemüse erneut nach dem Erwärmen!
- 8. Welche Vitamine stecken eigentlich nachweislich in einer Paprika? Zerkleinert man rohe Paprika (mit Messer und Mörser) und vermengt sie mit Pflanzenöl, treten nach dem Filtrieren eine ölige (fette) Phase und eine wässrige Phase auf. Beide Phasen enthalten orangefarbene Farbstoffe. Welche Vitamine sind in welcher Phase vertreten?
- 9. Warum hat der Apfel rote Bäckchen?



Lösungshinweise

- Aufgabe 4:** Das Coenzym FAD (Flavin-Adenin-Dinucleotid) wird aus Riboflavin (Vitamin B2) gebildet. Es wurde um eine Stickstoffbase, gebunden an Zucker über Phosphatgruppen, erweitert.
- Aufgabe 8:** Die fette Phase enthält Carotinoide, die wässrige Phase enthält ggf. Xanthophylle sowie Flavonoide und Ascorbinsäure.
- Aufgabe 9:** Die Anthocyane der Apfelbäckchen sind nicht nur für Menschen gesund (Antioxidantien bzw. krebsvorbeugende Stoffe in Nahrungsmitteln), sondern schützen auch die Apfelzellen selbst vor Schäden durch zu viel Licht.

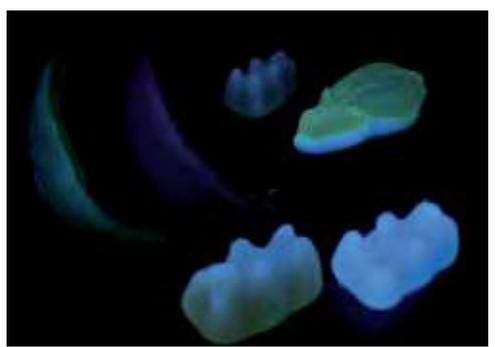


Abbildung 65: Gummibärchen und mehr im UV-Licht (Aufgabe 6)



Abbildung 66:
„Apfel Früchte“ aus dem
Schulumfeld im Schnitt:
Mehlbeere, Scheinquitte,
Cotoneaster

3.7 Apfelbeere und Apfel Frucht

Problemstellung

Was ein Apfel ist, weiß jedes Kind. Aber was ist eine Apfelbeere? Oder: Warum hat der abgenagte Apfel in der Mitte einen Strunk (Grutzen, Griebisch, Butzen...)?

Es wird vorgeschlagen, ausgehend von einer Analyse des Namens Apfelbeere die Verwandtschaft von Rosengewächsen und speziell der Verwandten des Apfels zu erarbeiten. Dabei werden Inhaltsstoffe von Apfel Früchten erforscht, denn sekundäre Pflanzenstoffe wachsen in ganz konkreten Organismen. Ziel ist daher, die Kultivierung von Obstgehölzen im Garten sowie Varianten der Zubereitung von Apfel Früchten zu erlernen.

Apfel oder Beere?

Der Name Apfelbeere wird hinterfragt. Sprichwörtlich soll man ja eigentlich nicht Birnen mit Äpfeln vergleichen. Wir tun dies hier, beide sind Apfel Früchte. Als Kontrast werden Früchte der Apfelbeere mit Äpfeln und Beeren verglichen:

Apfel, Birne, Quitte, Mispel, Weißdorn, Eberesche (alles Apfel Früchte) sowie Tomate, Gurke Kürbis oder Stachelbeere (Beeren).

Bei Beeren sind die Samen eingebettet in eine saftige, fleischige Fruchtwand. Anders dagegen die Apfel Früchte, hier sitzen die Samen, jeweils verpackt im häutigen Balg als einzelner Frucht, zusammen in einer fleischigen Hülle. Deutlich wird der gemeinsame Aufbau der Sammelbalg Früchte, bei der kleinen Apfelbeere ebenso wie bei Apfel, Birne, Quitte oder Eberesche. Manchmal ist auch von „Kernfrucht“ die Rede, weil die „Kerne“, also eigentlich die Samen, in den pergamentähnlichen Kerngehäusen liegen. Diese pergamentähnlichen Balg Früchte wiederum sind eingebettet in einen fleischigen Blütenboden.

Die hier kurz vorgestellten alten Apfelsorten stehen exemplarisch für eine Fülle weiterer Sorten:

- Der Boskoop ist ein Findling aus der Nähe des holländischen Ortes gleichen Namens von 1856. Man nennt ihn auch Lederapfel. Die großen Früchte werden bis zu 200 g schwer, sind sehr säurebetont, enthalten aber auch jede Menge Zucker. Gelegentlich sind sie auch im Handel.
- Der Gewürzluiken stammt aus Württemberg (1885), er bevorzugt wärmere Lagen, sonst wird er nicht reif und schmeckt grasig. Der Apfel hat eine gelbe Grundfarbe mit weißem Fruchtfleisch. Die Schale zeigt rote Streifen. Er ist schorfempfindlich.
- Die Früchte der Champagner Renette sind eher breit als hoch, hellgelb und saftig mild im Geschmack. Nur bei viel Sonneneinstrahlung haben sie rötliche Bäckchen.



Abbildung 67:
Blätter der Apfelbeere Aronia
(links, rote Herbstfärbung)
und des Apfels



Abbildung 68: Boskoop



Abbildung 69: Reiche Ernte beim
Gewürzluiken im Schulgarten



Abbildung 70:
Champagner-Renette im Schulgarten

Vielfalt von Obst – Früchte und Fruchtformen

Obstbäume sind oft ausdauernde Holzpflanzen, die genießbare fleischige Früchte oder Samen hervorbringen. Man unterscheidet bei den Früchten zum Beispiel nach Kernobst (dem Apfel ähnliche Früchte), Steinobst sowie Beeren.

Tabelle 2: Fruchtformen und Obst aus dem Schulgarten

	Apfel Früchte (Kernobst)	Steinfrüchte (Steinobst)	Beeren	Sammelnussfrüchte	Sammelsteinfrüchte
Merkmale	Mehrere Samen liegen innerhalb pergamentartiger Kammern in einer festen fleischigen Frucht	Je ein Same liegt innerhalb der Fruchtwand, die innen steinhart ist und außen saftig und fleischig	Viele Samen liegen innerhalb einer sehr saftigen und fleischigen Frucht, die außen eine glatte Haut hat	Viele harte kleine Nüsse sind auf der Oberfläche eines saftigen Blütenbodens versammelt	Viele kleine Steinfrüchte entstehen aus einer Blüte
Beispiele	Apfel	Kirsche, Pfirsich	Weintraube	Erdbeere	Brombeere

Aufgabe:

- Halbiere einen Apfel (Abbildung 71) und suche nach den Resten von Staubblättern, Kelchblättern und Narben! Die Frucht liegt unterhalb dieser Blattreste, ist also unterständig. Die Kronblätter sind bereits kurz nach der Blüte abgefallen.
- Zeichne und beschrifte einen Längsschnitt durch eine Apfelfrucht!
- Ordne die Bilder aus Abbildung 72 den Fruchtformen der Tabelle 2 zu!
- Ergänze die Beispiele in Tabelle 2 durch weitere, dir bekannte Obstsorten!
- Prüfe weitere Früchte aus dem Schulgarten und ordne sie zu! Schneide dazu die Früchte in der Mitte durch, um die Merkmale besser zu erkennen!
- Wachsen in Eurem Schulgarten Apfelbeeren (Abbildung 73)? Zu welchem Fruchttyp gehört die Apfelbeere? Halbiere dazu die Frucht (Vorsicht: sehr farbig)!

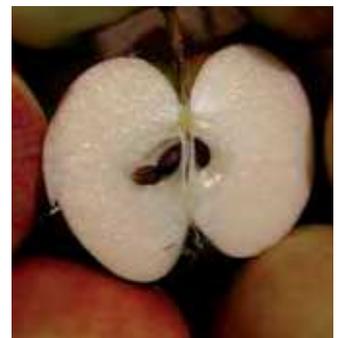


Abbildung 71: Ein Apfel der Sorte Elstar im Längsschnitt

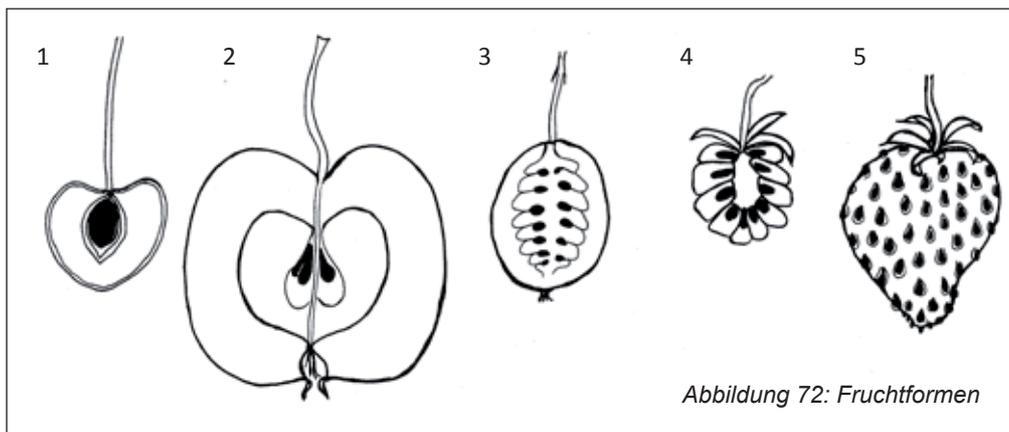


Abbildung 72: Fruchtformen



Abbildung 73: Früchte der Apfelbeere

Lösungshinweis

Aufgabe 3: 1 Steinfrucht, 2 Apfelfrucht, 3 Beere, 4 Sammelsteinfrucht, 5 Sammelnussfrucht



Abbildung 74:
Früchte des Weißdorns



Abbildung 75:
Blüten der Scheinquitt



Abbildung 76:
Früchte des Feuerdorns

Eine Rose unter vielen anderen - Welche systematische Zugehörigkeit haben Apfel und Apfelbeere?

Warum nicht einmal die Rosengewächse in den Mittelpunkt der Orientierung in der Vielfalt der Lebewesen stellen?! Die meisten Obstarten im Garten gehören zu dieser bekannten Familie. Rosengewächse werden in ihrer Vielfalt wiederholt und Kennmerkmale benannt sowie Beispiele aufgelistet (Rose mit Frucht „Hagebutte“, Spierstrauch...), die man im Schulgarten oder Schulumfeld finden kann.

Aufgaben:

1. Sammle im Schulumfeld Früchte von Ziersträuchern, die zu den Rosengewächsen gehören. Sortiere diese Früchte nach Apfelfrüchten und nach Hagebutten oder Steinfrüchten. Notiere, in welchen Sträuchern Du Nester von Vögeln oder andere Tierspuren finden konntest!
2. Suche auf der farbigen Abbildung (Material 6) die Laubblätter von Apfel, Apfelbeere und Birne. Unterscheide ungeteilte Blätter und gefiederte Blätter!



ungeteiltes Blatt



gefiedertes Blatt

Die Apfelbeere – ein Geheimtipp für den Schulgarten

Gärtnerische Ansprüche an die Pflanzung der Apfelbeere werden diskutiert und gesammelt. Der Schulgarten wird geprüft im Hinblick auf geeignete Standorte, obwohl die *Aronia* im Hinblick auf spezielle Bedingungen nicht wählerisch ist. Da die Pflanze für Honigbienen wertvoll ist, lohnt es, einen Imker zu befragen. Man kann auf Eberesche veredelte Stämmchen oder durch Stecklinge vermehrte Pflanzen verwenden. Für die Pflanzungen wird der Herbst angeraten. Da die Pflege der Stämmchen vergleichbar ist mit anderem Kern- oder Beerenobst, hier ein paar allgemeine Regeln:

Internetquelle:

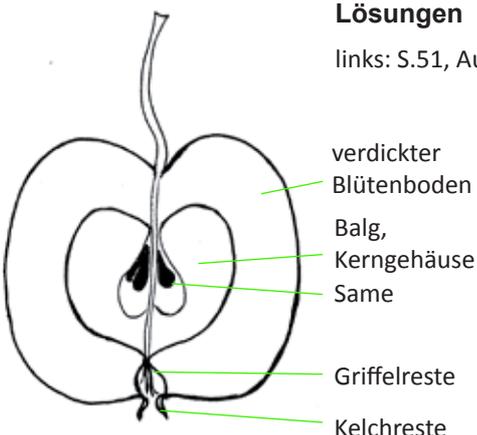
- <http://www.garteninfos.de/wildobst/Dipl2-1.html>



Abbildung 77:
Früchte der Apfelbeere Aronia

Lösungen

links: S.51, Aufgabe 2, Schematischer Längsschnitt durch eine Apfelfrucht



unten: S. 52, Aufgabe 1

Tabelle 3: Rosengewächse als Ziersträucher und Heckenpflanzen

Apfelfrüchte	Rosen mit Hagebutten	Steinfrüchte
Zierapfel, Scheinquitt Zwergmispel (Cotoneaster), Feuerdorn, Mehlbeere, Weißdorn, Spierstrauch	Kartoffelrose, Hundsrose, weitere Wildrosenarten, Zierrosen (Züchtungen, Sorten)	Schlehe Kirschlorbeer

Tipps von Gärtnern für Obstgehölze und deren Pflege

Januar und Februar sind die richtigen Monate, um im Garten die Obstbäume wie Äpfel oder Quitten zu beschneiden. Durch das Schneiden soll ein günstiges Verhältnis von Zuwachs des Baumes und Blüten- bzw. Fruchtansatz erreicht werden. Das Schneiden von Obstbäumen ist eine wahre Kunst und kann nach verschiedenen Techniken erfolgen.

Die Abbildung 81 zeigt einen Baum der Apfelsorte Gewürzluiken, der im Pyramidensystem mit mehreren Etagen von Leitästen aufgebaut ist. Die Baumkrone lässt viel Licht ins Innere, so dass nicht nur im äußeren Kronenbereich Äpfel wachsen. In der lichten Krone können die Äpfel ausreifen und süß werden. Um den Baumschnitt zu erlernen, sollte man sich einen erfahrenen Gärtner in den Schulgarten einladen. Es werden von den örtlichen Vereinen oder der Kommune auch Schnittkurse angeboten.

Das Schneiden der Obstbäume sollte im Februar beendet werden. Die abgeschnittenen Äste werden weggeräumt, denn an ihnen könnten Krankheitserreger (wie Grauer Mehltaupilz) haften. Gesunde Äste kann man zu einer so genannten Benjeshecke aufschichten oder häckseln und dann kompostieren.

Will man auf einem Baum Äpfel mehrerer Sorten ernten, kann man auf einen beste-

henden Baum einen Zweig einer anderen Sorte (Edelreis) aufpfropfen und wachsen lassen. Auch das „Veredeln“ beginnt schon im Februar. Hier sollte man sich von einem erfahrenen Gärtner bei den ersten Versuchen helfen lassen.

Die meisten Obstbäume werden im Herbst gepflanzt (oder ganzjährig als Containerpflanzen). Der Pfahl ist schon eingesetzt. Dann erst folgt der Baum. Lockerer Humus wird zum Verfüllen des Wurzelbereichs verwendet, die Erde dann vorsichtig festgetreten und gewässert. Man sollte die Baumscheibe mit verrottendem Material abdecken, damit sie weniger austrocknet.

Quitten bevorzugen einen tiefgründigen, mineralstoffreichen Boden in warmen Lagen. Hat man schwere oder sandige Böden, muss man im Pflanzbereich Humus mit einarbeiten. Die Veredlungsstelle der Quitte sollte wie bei allen Obstbäumen nach dem Pflanzen eine Handbreit über der Erdoberfläche sein. Quitten können auch halbschattig wachsen. Sie sind anspruchslos in der späteren Pflege und werden durch regelmäßigen Auslichtungsschnitt gepflegt.

Die in Grünanlagen recht häufige Scheinquitte (*Chaenomeles japonica*) blüht rot, die Echte Quitte (*Cydonia oblonga*) mit den köstlichen gelben Früchten dagegen weiß. Echte Quitten sind die besten Früchte zur Geleebereitung.



Abbildung 78:
Reife Quittenfrüchte



Abbildung 79:
Früchte der Japanischen Scheinquitte



Abbildung 80: Klassischer Kronenaufbau eines Hochstammes mit Leitästen am Beispiel einer Champagner Renette

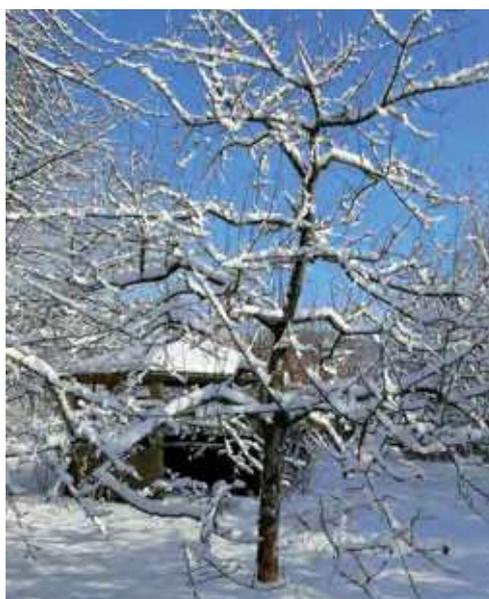


Abbildung 81: Streuobstwiese im Winter: Gewürzluiken, Pyramidenschnitt mit mehreren Etagen von Leitästen



Abbildung 82:
ungeteilte Laubblätter der Quitte mit Nebenblättern

Vielfalt der Apfelfrüchte im Garten...



Abbildung 84, 85:
Birne "Gräfin von Paris", Blüte und Frucht



Abbildung 86, 87:
Eingrifflicher Weißdorn Blüten und Früchte



Abbildung 88, 89:
Echte Quitte, unreife Frucht



Abbildung 90, 91:
Zweigrifflicher Weißdorn, Blüten und Früchte



Abbildung 92, 93:
Feuerdorn, Blüten und Früchte



Abbildung 94, 95:
Mehlbeere, Blüten und Früchte



Abbildung 96, 97:
Apfelbeere, Blüten, Früchte



Abbildung 98, 99:
Scheinquitte, Blüten und Früchte



Abbildung 100, 101:
Eberesche (Vogelbeere), Blüten und Früchte



Abbildung 102, 103:
Speierling, Blüten und Frucht, Fruchtgröße ca. 3 cm

Vielfalt der Sträucher und Bäume mit Apfelfrüchten



Abbildung 104:

Die Abbildung zeigt Laubblätter von Feuerdorn, Apfelbeere, Apfel, Mehlebeere, Scheinquitte, Zwergmispel und Mispel.

Aufgabe: Ordne die Blätter den Namen der Pflanzen zu! Versuche, die Pflanzen draußen wiederzufinden!



Abbildung 105:
Ausstecher



Abbildung 106: Apfelinge:
Die dunklen Scheiben
stammen hier vom Boskoop.

Verwendung und Verarbeitung von Apfelfrüchten

Beim Zubereiten von Obst kann das Unterrichtsgespräch über die Haltbarkeit von Inhaltsstoffen und die Konservierung geführt werden.

Die beste Variante ist natürlich der Frischverzehr. Hier werden die reifen Früchte z.B. mit Milchprodukten kombiniert.

Das Anlegen von Vorräten erfordert jedoch die Konservierung. Marmelade wäre nur eine von vielen Möglichkeiten.

Gelee und Marmelade

Bei der Herstellung von Gelee und Marmelade ist auf sehr sauberes Arbeiten Wert zu legen, damit hitzesterilisierte Gefäße nicht nachträglich wieder kontaminiert werden (Anleitung zum Herstellen von Marmelade siehe Heft 2, Seite 81).

Konservieren durch Trocknung – Rezept für die Schule

Hat man sehr viele Äpfel geerntet, die man gar nicht alle roh verzehren kann, bietet sich die Herstellung von Apfelingern an. Das Trocknen ist eine bewährte Konservierungsmethode.

Die sauberen Äpfel werden vom Kerngehäuse befreit, am besten mit einem Ausstecher. Ob man die Äpfel schält, bevor man sie in Scheiben schneidet, hängt vom eigenen Geschmack sowie der Konsistenz der Schale ab.

Das Trocknen der Apfelscheiben kann in speziellen Trockengeräten, einem mit Zeitschaltuhr versehenen Wärmeschrank mit Lüftung oder einem luftig-warmen Dachboden erfolgen. Es dauert mehrere Tage und sollte auf Schimmelbildung hin überwacht werden, solange die Apfelscheiben noch nicht ganz trocken sind.

Äpfel als Wirtschaftsfaktor – ein Beitrag zur BNE



Abbildung 107:
Tafeläpfel der Sorte Elstar im Handel

Sachinformationen

Alle 5 Jahre wird in Baden-Württemberg eine Baumobstanbauerhebung durchgeführt, zuletzt 2007. Die Daten werden vom Statistischen Landesamt ausgewertet. Betriebe mit Anbau von „Baumobst“ gibt es im Baden-Württemberg:

- 1500 am Bodensee,
- 3500 in der Rheinebene,
- 850 im Neckartal
- 440 in den übrigen Anbaugebieten.

Die Zahl der Betriebe hat in den letzten Jahren insgesamt abgenommen, vor allem der kleineren Betriebe. Eine Ausnahme davon ist die Region am Bodensee. Man erkennt bei genauem Blick in die Zahlen: zwischen 2002 und 2007 hat die Anbaufläche von Obstbäumen insgesamt um 0,7% abgenommen, am

stärksten bei kleinen Flächen. Die Flächen über 10 ha haben dagegen leicht zugenommen, sie machen inzwischen 34,5% der Baumobstfläche aus.

Tabelle 5: Anbau von Tafeläpfeln in Baden-Württemberg
(Quelle: Statistisches Landesamt 2007).

	Anbaufläche (ha)	Zahl der Bäume x Tausend
Boskoop	275	688
Braeburn	729	2503
Cameo	94	288
Cox Orange	135	337
Delbarestivale	220	650
Elstar	1671	4905
Fuji	286	896
Gala	733	2407
Golden Delicious	537	1530
Idared	395	1073
Jonagold	1712	4939
Jonagored	356	1089
Pinova	208	616
RubINETTE	205	642
Topaz	274	779

Tabelle 4: Anbau von Baumobst in Baden-Württemberg
(Quelle: Statistisches Landesamt 2007).

	Betriebe	Fläche	Zahl der Bäume x Tausend	Ertrag dt/ha
Apfel	5267	9953	26063	266
Birne	2976	764	1247	173
Süßkirsche	3725	2125	593	74,3
Sauerkirsche	800	221	128	85,2
Pflaume/Zwetschge	3852	1870	1043	116,7
Mirabelle/Reineklode	1647	221	82	84,98

Aufgaben

Diskutiert folgende Fragen:

- Wie viele Äpfel oder andere Früchte, die im Supermarkt in der Nähe Eurer Schule verkauft wurden, waren regionaler Herkunft, aus dem Land Baden-Württemberg oder aus dem Ausland? (Sortennamen, Mengenangaben, Prozentanteile)
- Vergleicht mit dem Angebot auf einem Wochenmarkt in Eurer Region!
- Welche Apfelsorten belegen in Baden-Württemberg die größten Anbauflächen?
- Wie kann man konkret zum Erhalt regionaler kleiner Anbauflächen beitragen?
- Wo befindet sich eine nahe gelegene Mosterei, die auch kleinere Erntemengen von Streuobstwiesen zu Most verarbeitet?
- Worin liegt die Bedeutung von Streuobstwiesen, wenn sie insgesamt wenig zur industriellen Produktion von Obst und Getränken beitragen?



Abbildung 108:
Mispelstrauch mit unreifen Früchten

3.8 Mispeln – alte Kulturpflanzen mit Perspektive

Analog zu Apfelbeere und Apfel kann die Erarbeitung der Verwandtschaft und Verwendung der Apfelfrüchte auch mit der Mispel erfolgen. Mispeln bilden ebenfalls Apfelfrüchte. Die **Mispel** ist eine fast vergessene Baumart. Schulgärten können helfen, diese genetischen Ressourcen zu erhalten und die Kultur des Mispelanbaus weiter zu pflegen. Die Mispel (nicht zu verwechseln mit der Mistel, die Druiden ihren Zaubertränken beimischen) wächst auf verschiedenen, eher kalkarmen Böden. Lehmboden ist ebenfalls möglich, wenn er keine Stauässe aufweist. Die deutsche Mispel (*Mespilus germanica*) ist wohl eigentlich nicht ursprünglich deutscher Herkunft, sie wurde hier jedoch lange vor dem Wirken von Carl von Linné (dem Namengeber vieler Pflanzen und Tiere) kultiviert. Daher hat die Mispel den Namen Deutsche Mispel bekommen. Es gibt Hinweise darauf, dass die wenigen römisch-griechischen Pflanzenexperten des Altertums, *Plinius*, *Theophrast* und *Dioscurides*, die Mispel bereits erwähnten. Auch bei „*Romeo und Julia*“ von *William Shakespeare* aus dem Jahre 1596 taucht die Mispel auf, im 2. Aufzug, 1. Szene: Romeos Freund Mercutio vermutet, Romeo würde unter einem Mispelbaum sitzen und wünschen, dass seine Liebste von der Art dieser reifen Früchte sein möge.

Das derzeit noch größte Vorkommen der Mispel in Deutschland ist nach bisherigen Untersuchungen in Heidelberg mit etwa 2.000 Bäumen. Hier wurde ein Schutzprogramm für Mispeln für etwa 80.000 Euro ins Leben gerufen. Das Erhalten von Mispeln im Schulgarten ist natürlich deutlich weniger kostenintensiv. Mispeln mögen es sonnig bis halbschattig und vertragen auch einen kräftigen Rückschnitt.

Die Früchte werden auch Steinäpfel genannt und reifen meist erst im November. Hier kann also im Schulgarten auch in der ungemütlichen und weniger ertragreichen Jahreszeit sinnvoll geerntet werden. Neben Mispeln oder Apfelbeeren als ungewöhnliche Früchte können ebenso Schlehdorn oder Kornelkirschen die Liste von Produkten bereichern, die man eben nur aus dem Schulgarten und nicht im Supermarkt bekommt.

Ein Mispelstrauch (*Mespilus germanica*) wird durchschnittlich 3 m hoch. Er wird am besten im März gepflanzt. Man kann ihn in eine Gartenhecke integrieren. Seine großen Blüten mit weißer Blütenhülle sind sehr dekorativ. Die Mispel verträgt auch Halbschatten sehr gut.



Abbildung 109:
Blühende Mispel

Literaturempfehlungen:

- Hess, Dieter (2005): Systematische Botanik. Stuttgart: Ulmer
- Richter, G. (1996 und folgende Auflagen). Biochemie der Pflanzen. Stuttgart: Thieme
- Löwe, B. (1989 oder spätere Auflagen): Biochemie. Bamberg, Buchner

Gaumenkitzler und Nasenschmeichler – Kräuter und ätherische Öle

Karlheinz Köhler, Hans-Joachim Lehnert



Abbildung 1:
Blühender Borretsch: Attraktion für Bienen und Hummeln. Öl aus Borretschsamen hat einen höheren Gehalt an Gamma-Linolensäure als Nachtkerzenöl.



1. Lernen mit Kräutern

Kinder und Jugendliche haben immer weniger praktische und theoretische Kenntnisse über eine gesunde und abwechslungsreiche Ernährung. Die zunehmende Bedeutung so genannter Convenience-Produkte (Fertigprodukte) und die Entfremdung von der eigenen Nahrungsmittelproduktion erschweren es, die Geschmacksvielfalt und die Geschmacksqualitäten, die in selbst produzierter Nahrung vorhanden sind, kennen- und schätzen zu lernen.

Auch Produkte, die saisonunabhängig über weite Wege transportiert werden, gewinnen an Bedeutung. Schülerinnen und Schülern ist heute kaum mehr bewusst, dass es eine saisonale Abhängigkeiten in der Produktion von Nahrungspflanzen gibt und dass diese nur durch einen erheblichen Energieaufwand, z.B. durch weite Transportwege zu umgehen ist. Am Beispiel der Kräuter können Schülerinnen und Schüler Erfahrungen im Bereich der Eigenproduktion von Pflanzen für die Ernährung machen, einschließlich der Notwendigkeit der Haltbarmachung durch Konservierungsmethoden.

Im Unterricht sollten diese Aspekte explizit thematisiert werden: Welche ökologischen Probleme entstehen durch die ganzjährige Verfügbarkeit von Lebensmitteln jedweder Art? Wie kann man durch eigenen Anbau Umweltbelastungen reduzieren? Welche Vorteile bietet es, z.B. Gewürzpflanzen frisch aus dem eigenen Garten zu ernten, statt über weite Strecken transportierte getrocknete Produkte oder vorgewürzte Fertiggerichte zu verwenden?

Durch den Umgang mit den Pflanzen, das unmittelbare Erlebnis des Erfolgs oder auch des

Abbildung 2:
Kräuter ermöglichen ungewöhnliche Esserlebnisse.

Misserfolgs in der eigenen Arbeit, kann sich auch Wertschätzung für die eigene Leistung und die daraus entstandenen Produkte entwickeln. Damit verbunden ist die Entwicklung einer sorgenden, pflegerischen Haltung. Die Schülerinnen und Schüler haben hier die Möglichkeit, die positiven Auswirkungen der Übernahme von Verantwortung direkt zu erleben. Winkel (1995) spricht in diesem Zusammenhang vom Prinzip des Pflegerischen in der Erziehung und meint damit nicht nur den unmittelbaren Umgang mit den Pflanzenkulturen, sondern eine Grundhaltung, die auch globale Aspekte in die Bewertung der eigenen Lebensführung einbezieht. Das sind die gleichen Ziele, die Bildung für nachhaltige Entwicklung heute verfolgt.

Duftende und intensiv schmeckende Pflanzen halten für viele Kinder und Jugendlichen überraschende Erlebnisse bereit (Abb. 2). Der Anbau von Kräutern und Gewürzpflanzen, ihre Nutzung und Untersuchung ermöglichen es, den Erfahrungshorizont der Lernenden in diesem Bereich zu erweitern. Dabei ist der Anbau in den verschiedensten Formen möglich; individuelle Vorlieben

können berücksichtigt werden. Gemeinsames Arbeiten ist nicht nur möglich, sondern in besonderer Weise geboten. So fördert die Arbeit mit Kräutern im Schulgarten in hohem Maße die Motivation. Schüler erleben eigene Kompetenzen in der Anzucht, Pflege, Nutzung und Untersuchung der Pflanzen, die Arbeit ermöglicht eigenes Autonomieerleben und soziale Eingebundenheit.

Lern- und kognitionspsychologisch bedeutsam sind besonders die vielfältigen sinnlichen und anwendungsorientierten Erfahrungen, die es den Lernern ermöglichen, im Lernprozess an vorhandenen Erfahrungen anzuknüpfen und diese zu erweitern. Gärtnerische und naturwissenschaftliche Methoden werden sachgerecht angewandt und reflektiert, Fragestellungen und Untersuchungsdesigns selbst entwickelt, Antworten gefunden und kommuniziert. Ausgehend von eigenen Erfahrungen und Nutzungsaspekten werden auch naturwissenschaftliche Basiskonzepte in ihrer lebenspraktischen Bedeutung verstehbar (z.B. Teilchenmodell, Aggregatzustände, Zusammenhang von Bau und Funktion, Variabilität, vgl. Tab. 2 zu biologischen Basiskonzepten).



Abbildung 3: Anzucht von Basilikum mit einer „Wochenendbewässerung“. Dochte versorgen die Pflanze aus einem Vorrat mit Wasser.

Tabelle 1: Bezüge zu den Bildungsplänen der Realschule bzw. des Gymnasiums (Auswahl)

Realschule	Biologie, NwT (Gymnasium)
<p>NWA Klassen 5-7</p> <ul style="list-style-type: none"> Umgang mit Stoffen aus dem Alltag (Aromastoffe, ätherische Öle) Pflanzen leben anders (Angepasstheit) Vom Rohstoff zum Produkt (Gewinnung ätherischer Öle) 	<p>Klassen 5/6</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> Phänomene aus der belebten Natur beschreiben und einfache Erklärungen finden; den Aufbau von Blütenpflanzen, die Funktion der Pflanzenorgane, den zeitlichen Ablauf und die Bedingungen wichtiger pflanzlicher Lebensvorgänge beschreiben; verschiedene Blütenpflanzen, auch wichtige Vertreter der Laub- und Nadelbäume sowie Kulturpflanzen, aus ihrer direkten Umgebung an charakteristischen Merkmalen erkennen; grundlegende biologische Prinzipien verstehen: Angepasstheit, Variabilität, Struktur und Funktion; einfache Experimente durchführen.
<p>NWA Klassen 8/9</p> <ul style="list-style-type: none"> Angepasstheit pflanzlicher Organismen verstehen und beschreiben 	<p>Klassen 7/8</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> mit dem Lichtmikroskop sachgerecht umgehen und unter Anleitung einfache Präparate herstellen; erklären, dass Lebewesen aus Zellen aufgebaut sind; den Aufbau einer typischen tierischen und pflanzlichen Zelle beschreiben sowie lichtmikroskopische Bilder interpretieren.
<p>Mensch und Umwelt Klasse 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Sachgerechter Umgang mit Nahrungsmitteln Grundtechniken der Nahrungszubereitung Lebensmittel als Nähr- und Wirkstoffträger unter ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten Qualität ausgewählter Lebensmittel unter den Aspekten regional/saisonal 	<p>Klasse 10</p> <ul style="list-style-type: none"> Systemgedanke: Stoff-, Energie- und Informationsstrom Stoffkreisläufe Nachweis von Nähr- und Zusatzstoffen in Nahrungsmitteln und deren Bedeutung begründen Konservierungsmethoden von Lebensmitteln vergleichen und bewerten Ernährungsgewohnheiten und -pläne im Hinblick auf gesundheitliche und ökologische Folgen beurteilen Die Wirkung von Inhaltsstoffen eines Produktes begründen In einem biotechnischen Verfahren ein Produkt herstellen und verfahrenstechnische Parameter erfassen Ein Alltagsprodukt mittels eines chemietechnischen Verfahrens herstellen Chemische Trennverfahren, Nachweise und Analyseverfahren durchführen

Aber nicht nur biologische und andere naturwissenschaftliche Aspekte können am Beispiel der Kräuter anwendungsorientiert erarbeitet werden. In der Planung entsprechender Gartenelemente werden mathematische, ästhetisch-gestalterische und sprachliche Fähigkeiten benötigt und in der Anwendung entwickelt. Kooperation und Abstimmungsprozesse innerhalb der Lerngruppe sind während des gesamten Planungs-, Realisierungs- und Nutzungszeitraums notwendig. Werden Produkte aus dem Kräutergarten nicht nur für den eigenen Bedarf verwendet, können auch wirtschaftliche Aspekte einbezogen werden.

2. Beiträge zum Kompetenzerwerb

- Förderung der fachlichen/konzeptbezogenen Kompetenzen im Hinblick auf Stoffe und Teilchen (Duftstoffe, ätherische Öle, Aggregatzustände und ihre Übergänge) Struktur und Funktion (Anatomie der Pflanzen, Drüsen, pflanzenökologische Bedeutung), Formenkenntnis (Familien, Gattungen, Arten, Sorten)
- Förderung der methodischen und prozessbezogenen Kompetenzen im Hinblick auf biologische Arbeitsweisen wie
 - ▷ Betrachten (Früchte, Samen, Pflanzen, Bauplan, morphologische Strukturen, Interpretation erkannter Strukturen)
 - ▷ Beobachten (Keimungs- und Wachstums-

vorgänge, Entwicklungszyklen)

- ▷ Untersuchen (äußerer und innerer Bau der Pflanzen, stoffliche Untersuchungen)
- ▷ Experimentieren (Pflanze und Standort)
- ▷ Reflektieren, Verknüpfen, Anwenden (Nutzungsaspekte, Bedeutung für Ernährung und Gesundheit)
- Förderung der personalen Kompetenzen
 - ▷ Entwicklung von Fähigkeiten in der eigenen Arbeitsorganisation
 - ▷ Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung durch Erfolgserlebnisse
- Förderung der sozialen Kompetenzen
 - ▷ Gemeinsame Planung (Kulturflächen, Auswahl der Arten und Sorten)
 - ▷ Kooperation in der Umsetzung und der Pflege der Flächen
 - ▷ Gemeinsame Nutzung in der Produktverarbeitung

3. Vielfalt der Arten und Sorten

Der Begriff Kräuter wird in der Botanik und im Alltag unterschiedlich gebraucht. Botanisch gesehen sind Kräuter alle nicht oder nur wenig verholzenden Pflanzen, deren oberirdische Teile im Herbst bzw. Winter absterben. Im Alltag und im gärtnerischen Bereich wird der Begriff vor allem im Hinblick auf die Nutzung der Pflanzen verwendet.

Damit umfasst der Alltagssprachliche Begriff „Kräuter“ einjährige Pflanzen wie Borretsch, Dill und Kresse, zweijährige wie Kümmel, Fenchel und Petersilie, aber auch mehrjährig wachsende Stauden wie Dost, Estragon, Liebstöckel, Meerrettich sowie Zwergsträucher wie Rosmarin, Thymian, Salbei und Lavendel. In der Küchennutzung kommen auch Teile baumförmig wachsender Pflanzen hinzu, z.B. Lorbeerlaub und Wacholderbeeren (Beerenzapfen).



*Abbildung 4:
Erfahrungen mit Lavendel:
Kräutersträuße sind ästhetisch, duften gut,
wirken gegen Motten, lassen sich verkaufen,
können zu Duftsäckchen oder Lavendelöl
weiterverarbeitet werden.*

Die Vielfalt der Kräuter ist immens. Das bezieht sich sowohl auf die Arten- als auch auf die Sortenvielfalt, auf ihre Standortansprüche, ihre möglichen Kulturformen und Nutzungsmöglichkeiten. Kräuter eignen sich hervorragend dafür, auf verschiedensten Ebenen Erfahrungen mit der biologischen Vielfalt zu machen. Ebenso vielfältig wie die Arten- und Sortenvielfalt ist die Vielfalt der Inhaltsstoffe der Kräuter. Sie werden nach verschiedenen Kriterien klassifiziert (Tabelle 3).

Tabelle 2:
Biologische Basiskonzepte können durch die Arbeit mit Kräutern im Schulgarten und begleitend im Unterricht erkannt und gefestigt werden.

Basiskonzept	Konkretisierung	Methodischer Zugang	Anwendung/ Erkundung	Transfer
Angepasstheit	Standörtliche Besonderheiten verschiedener Arten	Bau und Bepflanzung einer Kräuterspirale	Untersuchung des Kleinklimas in verschiedenen Zonen der Kräuterspirale	Herkunftsgebiete häufig verwendeter Kräuter, klimageografische Zuordnung
Variabilität	Anlage eines Kräutergartens mit großer Artenvielfalt, einzelne Arten in großer Sortenvielfalt	Planung und Bepflanzung unter Berücksichtigung der Standortbedingungen, der Wuchshöhe der Pflanzen, Sortenvielfalt: z.B. Basilikum, Minzen	Verschiedene Verwendungsbereiche in der Nahrungsmittelzubereitung	Wiedererkennen des Prinzips Variabilität bei der Untersuchung verschiedener Biotope, Erkennen der Arten- und Sortenvielfalt bei anderen Gruppen von Nahrungspflanzen
Struktur und Funktion	Zusammenhang von Morphologie und Standortbedingungen (z.B. Xeromorphie), Bau der Öldrüsen	Morphologische und anatomische Untersuchungen an verschiedenen Kräutern, Mikroskopie	Verwendungs- und Verarbeitungsformen verschiedener Kräuter bei der Nahrungsmittelzubereitung	Erkennen des Zusammenhangs von Bau und Funktion bei anderen Pflanzengruppen
Wechselwirkungen zwischen Lebewesen	Fraßschutz durch sekundäre Pflanzenstoffe	Untersuchung von Kräutern auf Schaderregerbefall	Fütterungsversuche mit Weinbergschnecken (z.B. Vermeidungsverhalten bei Salbei)	Biologischer Pflanzenschutz in der Anwendung
Reproduktion	Aussaats und vegetative Vermehrung von Kräutern	Vergleich verschiedener Samen und Keimbedingungen, Stecklingsvermehrung bei verholzenden Kräutern	Einbindung der verschiedenen Vermehrungsarten in das Schulgartenjahr	Aussaats und Stecklingsvermehrung bei Zier- und Gemüsepflanzen

Tabelle 3:
Klassifikationen pflanzlicher Inhaltsstoffe nach verschiedenen Kriterien (nach Birkenbeil 1999, Roth & Kormann 1997, Ohloff 1990, verändert)

Chemische Stoffgruppen	Verwendungszwecke	Geruchsqualitäten	Art der Gewinnung
Aliphatische Verbindungen Cycloaliphatische Verbindungen Terpene, azyklisch Terpene, zyklisch Aromatische Verbindungen Phenole, Phenolderivate Heterozyklische Verbindungen	Speisenaromatisierung, Würze Getränkeherstellung Pharmakologie Naturheilkunde und spezielle Therapierichtungen Hygiene Parfüme Kosmetik Konservierung	Blumig Honigduftend Süßlich, Schwer Fruchtig Zitronig Aromatisch Grün Würzig Holzig Harzig Erdig Herb Animalisch Aasdüfte Fäkaldüfte	Destillate Extrakte Essenzen (Mischungen verschiedener Geschmacksstoffe) Presssäfte und Konzentrate Harze, Balsame (Ausscheidungen verwundeter Pflanzen) Mazerate (Auszug von Duftstoffen mittels fetter Öle) Tinkturen (Lösung von Pflanzenduftstoffen mit einem Ethanol-Wasser-Gemisch) Enfleurage (Absorption von Blütenduftstoffen in Fetten und anschließende Auswaschung mit Ethanol)

Tabelle 4: Schulgarten geeignete Kräuter, ihre Vermehrung und Kultur. Je heller das Feld, desto länger die Kulturdauer bis zu einer Menge, die wirtschaftlichen Ertrag verspricht. Frj = Frühjahr, FrSo = Frühsommer, So = Sommer, FrHe = Frühherbst, He = Herbst (Vermehrungsformen und -zeiträume nach Bown 1996 und Seipel 1995, verändert)

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Pflanzenfamilie	Wuchsform	Höhe (cm)	Standort	Kulturform	Aussaart	Verwendung	Besonderheiten / Vermehrungstipps
Anis	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae	einjährig	14-50	frisch	Beet	Frj	Früchte für Brot, Gebäck, Süßspeisen	
Bärlauch	<i>Allium ursinum</i>	Alliaceae	Zwiebelpflanze, Frühblüher	20-40	feuchte Laubwälder	Beet	Frj	z.B. Blätter für Suppen, Frischkäsezubereitungen	konkurrenzstark, vermehrt sich durch Brutzwiebeln und Selbstausaat
Basilikum	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	meist einjährig	20-45	frisch, sonnig	Beet	Frj	Blätter roh, Soßen, Pizza	zahlreiche Sorten, Lichtkeimer, Aussaat in Saatschalen
Borretsch	<i>Borago officinalis</i>	Boraginaceae	einjährig	30-45	frisch, sonnig	Beet	Frj He	Blätter, Blüten für Salate; Borretschöl	grüne Soße
Dill	<i>Anethum graveolens</i>	Apiaceae	einjährig	50-120	frisch - mäßig trocken	Beet	Frj	Speisewürze v.a. für Gurken, Fisch	Futterpflanze für Schmetterlingsraupen (z.B. Schwalbenschwanz)
Estragon	<i>Artemisia dracunculus</i>	Asteraceae	Staude	50-120	frisch - mäßig trocken	Beet	Frj	Speisewürze, zum Aromatisieren von Essig	nur die Varietät (var.) sativa hat das typische Aroma; Teilung und Stecklinge im Herbst
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae	zweijährig	80-180	mäßig trocken	Beet	Frj	Früchte für Tee, Brotgewürz	die Varietät (var. azoricum) bildet Knollen: Gemüsefenchel
Johanniskraut	<i>Hypericum perforatum</i>	Hypericaceae	Staude	15-80	frisch - trocken, halbschattig	Beet	He Frj	arzneilich bei leichten Depressionen	Blüten enthalten das rot färbende Hypericin; Teilung im Herbst oder Frühjahr.
Echte Kamille	<i>Chamomilla recutita</i>	Asteraceae	einjährig	14-40	frisch	Beet	He Frj	Blüten für Tee, arzneilich für Umschläge u.v.m	
Gartenkerbel	<i>Anthriscus cerefolium</i>	Apiaceae	einjährig	20-70	frisch, halbschattig	Beet	FrH	Suppen, Salate, Saucen, „Frankfurter Grüne Soße“	
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae	einjährig	30-60	sonnig, mäßig trocken	Beet	Frj	frisch gemahlene Früchte und Blätter als Speisewürze	Blätter sehr herb – „Wanzenkraut“
Knoblauch	<i>Allium sativum</i>	Alliaceae	Staude	30-50	sonnig,	Beet	-	Knollen als Speisewürze	Brutzwiebeln oder „Zehen“ werden im Herbst „gesteckt“
Gartenkresse	<i>Lepidium sativum</i>	Brassicaceae	ein- bis zweijährig	20-40	frisch	Beet, Keimbeet	Frj bis FrHe	oberirdische Teile der Keimlinge, Salate	
Kümmel	<i>Carum carvi</i>	Apiaceae	zweijährig	30-80	frisch	Beet	Frj FrHe	Früchte als Speisewürze, Heilkunde	
Lavendel	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	Staude, verholzend	20-60	sonnig, mäßig trocken	Beet	He	Duftkissen, Bäder, Parfüm, Kosmetik, mediterrane Fleischgerichte	vielfältig in Kosmetik, Heilkunde und Küche genutzt, Ölgewinnung; Stecklinge im Sommer

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Pflanzenfamilie	Wuchsform	Höhe (cm)	Standort	Kulturform	Ausaat	Verwendung	Besonderheiten / Vermehrungstipps
Liebstockel	<i>Levisticum officinale</i>	Apiaceae	Stau	100-200	frisch	Beet	He	Suppenwürze	„Maggikraut“; Teilen der Stau
Lorbeer	<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Strauch, Baum	100-500	sonnig	Kübel	He	Fleisch und Gemüsegerichte, Eintöpfe	nicht winterhart; Stecklinge oder Absenker im Sommer oder Herbst
Majoran	<i>Majorana hortensis</i>	Lamiaceae	einjährig	20-50	frisch, sonnig	Beet	He	Fleischgerichte, Wurst	verwandt mit dem Dost (<i>Origanum vulgare</i>); Teilung (He od. Frj), Stecklinge im Frh
Pfefferminze	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Stau	30-90	frisch, sonnig	Beet	Frj	Tee, arzneiliche Nutzung, Speisewürze	„wanderndes“ Rhizom, zahlreiche Sorten und verwandte Arten, Teilung im Herbst od. Frh
Muskatellersalbei	<i>Salvia sclarea</i>	Lamiaceae	zwei- bis mehrjährig	40-80	sonnig, mäßig trocken	Beet	Frj	Blätter und Blüten essbar	sehr herb „Schweißgeruch“, Bienenweide; Teilung im Herbst od. Frj,; Stecklinge im Frj. od. So
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiaceae	zweijährig	40-80	frisch	Beet	Frj bis FrSo	milde Kräuterbeilage zu verschiedensten Gerichten	nicht mehrfach an derselben Stelle aussäen
Rosmarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	Halbstrauch	40-160	sonnig, mäßig trocken	Beet, Kübel	Frj	zerkleinerte Blätter zu Fleisch, Kartoffeln u.a.	nur bedingt winterhart; veg. Vermehrung durch Stecklinge im Sommer
Salbei	<i>Salvia officinalis</i>	Lamiaceae	Halbstrauch	30-80	sonnig, mäßig trocken	Beet, Kübel	Frj	Blätter zu Fleisch, Tee, auch als Gurgelmittel	Vermehrung durch Teilung im Herbst od. Frj; Stecklinge im Frj od. So
Schnittlauch	<i>Allium schoenoprasum</i>	Alliaceae	Zwiebelpflanze	15-50	wechselhaft, sonnig	Beet	Frj	zu Frischkäse, Salaten, Gemüse	Vermehrung durch Teilung im Frj. od Herbst
Schwarzkümmel	<i>Nigella sativa</i>	Ranunculaceae	einjährig	20-40	auf Kalk, sonnig	Beet	He Frj	Samen als Brotgewürz	Aussaat unter Glas
Sommerbohnenkraut	<i>Satureja hortensis</i>	Lamiaceae	einjährig	10-25	frisch, sonnig	Beet	Frj	Blätter in Bohnengerichten	milder als <i>S. montana</i>
Thymian	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Stau, verholzend	20-40	sonnig, mäßig trocken	Beet, Steingarten	Frj	Fleisch, Soßen, mediterrane Gerichte	verschiedene Sorten, Stecklinge im Sommer, Anhäufeln und Teilen im Frj.
Winterbohnenkraut	<i>Satureja montana</i>	Lamiaceae	Zwergstrauch	10-50	sonnig, mäßig trocken	Beet	Frj	Bohnengerichte	schärfer als <i>S. hortensis</i> ; Teilen im Herbst oder Frh, Stecklinge im Sommer
Ysop	<i>Hyssopus officinalis</i>	Lamiaceae	Stau	20-60	sonnig, trocken	Beet, Steingarten	He Frj	Fleischgerichte	Bienenweide; Stecklinge im Sommer
Zitronenmelisse	<i>Melissa officinalis</i>	Lamiaceae	Stau	30-80	frisch, sonnig	Beet	He Fj	Tee, Desserts	Bienenweide; Teilen im Herbst od. Frh
Zitronenstrauch	<i>Aloysia triphylla</i>	Verbenaceae	Strauch	50-150	sonnig	Kübel	-	Salate, Süßspeisen, Tee, Kosmetik, Duftkissen	nicht winterhart, Stecklinge im Frh bis Sommer



4. Kulturverfahren

Kräuter lassen sich unterschiedlich kultivieren. Einige Arten eignen sich auch für die Kultur in Töpfen oder Kästen auf der Fensterbank. Dazu gehören z.B. Basilikum (Abbildung 3), Rosmarin, Thymian, Salbei, Minze, Zitronenstrauch.

Traditionell werden Kräuter in einem Kräutergarten mit verschiedenen Beeten angebaut. Wichtig ist dabei, dass die vielen verschiedenen Arten übersichtlich und gut zugänglich angeordnet werden. Der Fantasie sind beim Zuschnitt der Beete keine Grenzen gesetzt. Die Zugänglichkeit der Pflanzen kann am besten dadurch gewährleistet werden, dass man die maximale Größe der Einzelbeete an der Armlänge der Kinder orientiert: Beetbreite = knappe doppelte Armlänge, wenn das Beet von beiden Seiten zugänglich ist. Für Jugendliche oder junge Erwachsene geht man von einer Beetbreite von 80-100 cm aus. Sollen Kräuter in größerem Stil zum Trocknen und gegebenenfalls zum Verkauf angebaut werden, empfiehlt es sich, die Kulturen in langen Reihen anzuordnen um die Ernte zu erleichtern.

Steht nur wenig Platz zur Verfügung, können Kräuter in so genannten Kräutertürmen kultiviert werden. Dazu werden mehrere Blumentöpfe unterschiedlicher Größe jeweils halb mit Pflanzerde befüllt, darauf der nächst kleinere Topf gesetzt, dieser wiederum halb befüllt, darin der nächst kleinere Pflanztopf eingesetzt. Schließlich werden die Töpfe alle bis zum Rand befüllt und mit verschiedenen Kräutern bepflanzt (Abbildung 6). Wichtig ist, dass in jeder Etage ein Pflanzstreifen mit mindestens 8 cm Durchmesser entsteht. Dann haben die eingesetzten Kräuter genug Platz um sich auszubreiten und genügend Bodenvolumen für die Bildung einer ausreichenden Wurzelmasse. Eine weitere Form ist ein Kräuterturm, bei dem gleich große Töpfe auf einem Stab aufgereiht und anschließend bepflanzt werden (Abbildung 5).

Die Anlage einer Kräuterspirale bietet Lernchancen, die häufig nicht voll genutzt werden. Eine Kräuterspirale ist ein dreidimensional angelegtes

*Abbildung 5:
Kräuterturm an der Rulaman-Schule,
Grabenstetten*

Kräuterbeet, das in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Standortbedingungen bietet. So können die Pflanzen ihren Bedürfnissen gemäß optimal gedeihen und für die Lernenden ergibt sich die Möglichkeit, die Abhängigkeit von Pflanze und Standort sowie ihre Anpassbarkeit an die jeweiligen Standortbedingungen unmittelbar zu erkunden und zu erleben. Neben dem Bau und der Anlage der Kräuterspirale, der Kultur und der Nutzung der Kräuter bietet diese Beetform Möglichkeiten zur Erkundung ökologischer Standortverhältnisse in Verbindung mit Untersuchungen an den Pflanzen. Die kleinräumig variierenden Temperatur- und Feuchteverhältnisse lassen sich an heißen Sommertagen am besten erfassen.

Die meisten Kräuter (vor allem der Familie Lamiaceae) wachsen im Frühsommer besonders stark. In ihrer Entwicklung folgt auf eine Phase mit intensiver Beblätterung und Bildung von Seitentrieben eine Streckungsphase der Sprossachsen, die der Blütenbildung vorausgeht. Um die Erntemöglichkeit über die ganze Saison zu gewährleisten müssen die Pflanzen rechtzeitig herunter geschnitten werden, um der Blütenbildung zuvor zu kommen. Nur so wird das Wachstum in die Breite durch vermehrte Bildung von Seitensprossen gefördert. Bei den meisten Kräutern kommt es in der Phase der Blütenbildung zu einer Verringerung des Gehalts an Aroma beeinflussenden und geschmackstragenden Inhaltsstoffen.

Kräuter können leicht selbst vermehrt werden. Damit erfüllen Kräuterkulturen wichtige Nachhaltigkeitskriterien. Sie sind erschwinglich, benötigen wenig Platz und bereichern Küche und Schulbasar. Als Voraussetzung muss man die Vermehrungstechniken beherrschen. Dann kann man mit ein paar Samentüten oder mit wenigen Exemplaren starten.

Einige Arten werden im zeitigen Frühjahr in Töpfen bzw. Aussaatschalen vorgezogen (Material 1). Dies sind vor allem Arten, die aus wärmeren Klimazonen stammen. Arten gemäßigter Klimate können in der Regel direkt vor Ort ausgesät werden (Tabelle 4). Die Vermehrung über Samen

nennt man geschlechtliche oder generative Vermehrung.

Viele Kräuter lassen sich auch vegetativ (ungeschlechtlich), z.B. durch Teilung, Ableger oder Stecklinge vermehren (Tabelle 4, Material 2). Kräuter sind demnach hervorragend geeignet, generative und vegetative Vermehrung bei Pflanzen kennen und unterscheiden zu lernen.



Abbildung 6:
Kräuterturm mit Pfefferminze,
Kamille und Zitronenmelisse



Abbildung 7:
Kräuterspirale an der Kepler-Schule,
Freudenstadt

Aussaat von Kräutern (generative Vermehrung)



Abbildung 8: Samentüten

Allgemeines

Bei der Aussaat muss unbedingt darauf geachtet werden, welche Saatbedingungen auf der Samentüte angegeben sind. Manche Arten sind Lichtkeimer. Sie benötigen zum Keimen Licht und dürfen nicht bedeckt, sondern nur angedrückt werden. Zu ihnen gehören Basilikum, Bohnenkraut, Gartenkresse, Echte Kamille, Estragon, Kümmel, Majoran, Thymian und Zitronenmelisse. Alle anderen Samen bedeckt man mit Erde, wobei die Schicht etwa doppelt so dick ist wie der Samen selbst. Um eine zu dichte Aussaat zu vermeiden kann man sehr kleine Samen zuvor mit Sand vermischen.



Abbildung 9: Aussaat

Aussaat direkt in ein Beet:

1. Größere Samen werden einzeln in die Erde gelegt (Einzelsaat). Dabei sät man immer 2-3 Samen an eine Stelle und entfernt nach der Keimung die schwächeren Pflanzen.
2. Bei der Reihensaat werden Samen in eine Saatrille gesät. Dazu lässt man die Samen durch leichtes Beklopfen einer Samentüte aus dieser nach und nach in die Saatrille fallen. Nach der Aussaat wird die Saatrille leicht von beiden Seiten zugeschoben und die Aussaat dadurch bedeckt.
3. Breitsaat ist sinnvoll, wenn man einen flächigen Bewuchs mit einer Kräuterart in einem Beetbereich erzielen möchte. Dazu das Saatgut möglichst gleichmäßig verteilen. Die Aussaat wird dann in der Regel durch Überkrümeln mit Aussaaterde bedeckt.

Aussaat in Saatschalen und anschließendes Pikieren

Um größere Mengen an Jungpflanzen vorzuziehen ist es sinnvoll in Aussaatschalen auszusäen. Man verwendet etwa 5 cm hohe Aussaatschalen und spezielle Aussaaterde. Mit dem angefeuchteten Aussaatsubstrat werden die Saatgefäße bis ca. 5 mm unter dem Gefäßrand gefüllt und die Oberfläche mit einem Holzbrettchen flachgedrückt. Darauf werden große Samen einzeln gesät oder kleine gleichmäßig ausgestreut. Die Samen werden entweder mit Erde bedeckt oder (bei Lichtkeimern) nur angedrückt.



Abbildung 10: Minigewächshäuser am Fenster

Nach der Keimung lässt man die Jungpflanzen noch bis zum 4-Blatt-Stadium wachsen. Dann werden sie pikiert, indem man mit einem Pikierholz (oder einem angespitzten Rundstäbchen) neben ihnen in das Aussaatsubstrat einsticht (französisch piquer = stechen) und sie damit vorsichtig aus dem Substrat heraushebt. Dabei fasst man die Pflanze an einem der beiden Keimblätter an. Das pikierte Pflänzchen wird dann in einen mit Pflanzerde vorbereiteten Einzeltopf oder eine so genannte Multitopfplatte (Abbildung 11) gesetzt, die Erde um die Pflanze herum leicht angedrückt und angegossen.



Abbildung 11: Pikieren

Aussaat in Töpfe

Werden nur wenige Pflanzen benötigt oder bei sehr großen Samen wird direkt in Töpfchen gesät.

Beschilderung

Alle Aussaaten werden beschildert: Namen der Pflanzenart und das Aussaatdatum mit einem mittelharten Bleistift auf ein Steckschildchen schreiben. Kugelschreiber oder Filzstift sind nicht lichtecht oder lassen sich nicht wegradieren. Beschriftung am stumpfen Ende des Schildchens beginnen, damit sie auch noch lesbar ist, wenn das Schild in der Erde steckt. Steckschildchen bekommt man im Gartenfachhandel.

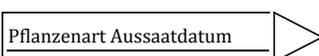


Abbildung 12: Beschilderung

Vegetative Vermehrung von Kräutern

Hierzu verwendet man einen Teil der Pflanze, der in der Lage ist, weiter zu wachsen und wiederum eine vollständige Pflanze mit Wurzel, Sprossachse und Blättern zu bilden.

Teilung

Kräuter, die in die Breite wachsen und auch breite Wurzelballen bilden (z.B. Majoran, Pfefferminze, Thymian), können vorsichtig ausgegraben und geteilt werden. Die Teilung kann durch Auseinanderbrechen oder durch Schneiden erfolgen. Die Teile werden einzeln gepflanzt und wachsen wieder in die Breite.

Brutzwiebeln

Kräuter, die aus Zwiebeln wachsen (z.B. Schnittlauch, Knoblauch, Bärlauch), bilden im Jahreslauf regelmäßig Tochterzwiebeln, die verpflanzt werden können. Manche Zwiebelsorten bilden auch an den Sprossspitzen Tochterzwiebeln, die abgelöst und im Spätherbst eingepflanzt werden können. Beim Knoblauch ist die Knolle in Zehen aufgeteilt; aus jeder Zehe (=Brutzwiebel) wächst wieder eine neue Knoblauchpflanze.



Abbildung 13:
Brutzwiebeln des Knoblauchs

Stecklinge

Stecklinge sind Teile von Pflanzen, die mit einem scharfen Messer von der Mutterpflanze abgetrennt und in ein Erde-Sand-Gemisch gesteckt werden, in dem sie Wurzeln treiben und zu einer neuen Pflanze heranwachsen. Stecklinge sollten in Töpfen gezogen werden und bis zum Anwachsen mit einer Plastiktüte abgedeckt werden.

- Stechhölzer werden von verholzenden Sträuchern geschnitten (z.B. Lorbeer und Rosmarin). Die unteren Blätter werden entfernt. Oberhalb der Blattansätze (Blattnarben) befinden sich teilungsfähige Zellen, die Wurzeln hervorbringen können.
- Grüne Kopfstecklinge schneidet man während der Wachstumsphase, so lange die Kräuter noch nicht blühen (z.B. Zitronenstrauch, Basilikum). Auch bei ihnen werden die unteren Blätter entfernt. Sie bewurzeln sich in der Regel auch gut, wenn man sie in ein Glas mit Wasser stellt.



Abbildung 14:
Stecklinge vom Lavendel

Ausläufer

Nur wenige Kräuter bilden Ausläufer (z.B. der Lorbeerbaum, der im engeren Sinn gar kein „Kraut“ ist, Minzen). Dabei handelt es sich um einen Seitentrieb dicht über oder unter der Erde, der anfangs noch mit der Mutterpflanze in Verbindung steht. Man kann bewurzelte Ausläufer sehr gut von der Mutterpflanze trennen und direkt wieder einpflanzen.



Abbildung 15:
Absenker vom Rosmarin

Absenker

Ein kräftiger, aber biegsamer Trieb der Mutterpflanze wird an der Unterseite leicht eingeritzt (Verletzung als Wachstumsimpuls) und in den Boden versenkt. Zum Herunterbiegen wird ein Stein oder ein starker Draht verwendet. Die Spitze des Triebs ragt wieder aus dem Boden heraus. Im Bereich der Berührungszone mit dem Boden bilden sich Wurzeln. Ist der Absenker eingewurzelt, kann er von der Mutterpflanze getrennt und eigenständig verpflanzt werden.

Anhäufeln

Einige Kräuter neigen dazu, von unten her zu verkahlen (z.B. Thymian). Solche Pflanzen kann man mit ihren grünen Sprossspitzen zur Vermehrung verwenden. Dazu wird die Pflanze mit einem Kompost-Sand-Gemisch soweit angehäufelt, dass nur noch die Sprossspitzen aus der Erde herauschauen (Abbildung 16). In dem Substrat bildet jeder Trieb neue Wurzeln. Aus einem solchen Büschel an Pflanzen kann man wieder viele Einzelpflanzen gewinnen.



Abbildung 16:
Ein Thymian wurde angehäufelt

Gemäßigt bis mediterran – Europa in einem Beet Bau einer Kräuterspirale und ihre Ökologie



Abbildung 17:
Üppig bewachsene Kräuterspirale

Eine Kräuterspirale bietet auf engstem Raum ganz verschiedene Lebensbedingungen. Vom Wasser- bis zum Trockenstandort gedeihen hier Kräuter unterschiedlichster Herkunft.

1. Der Standort

Der wichtigste Einflussfaktor der Kräuterspirale ist die Sonneneinstrahlung. Der Standort sollte daher sonnig und windgeschützt sein.

2. Die Größe:

Eine Kräuterspirale sollte mindestens einen Durchmesser von 2,50 m haben. Damit sich verschiedene Grade der Bodenfeuchte ergeben, muss sie mindestens 70 cm hoch sein. Für die Anlage benötigt man eine Grundfläche von ca. 6 m².

3. Die Ausrichtung

Um möglichst unterschiedliche Standortbedingungen zu erreichen, muss die Orientierung der Spirale in der Himmelsrichtung genau überlegt werden. Es kommt darauf an, dass die Trockenmauern der Kräuterspirale möglichst optimal besonnt werden, um viel Wärme zu speichern. Die „Nordhälfte“ liegt im Schatten der südlichen Teile, verbunden mit nur mäßiger Erwärmung und vergleichsweise geringer Austrocknung. Südlich werden dementsprechend die wärmebedürftigeren Arten der Mittelmeerländer, nördlich die in gemäßigttem Klima wachsenden Arten gepflanzt.

4. Der Aufbau

Die Spirale wird meist aus Natursteinen aufgebaut. Im Inneren befindet sich eine Drainageschicht aus Bauschutt oder Schottersteinen. Die Drainageschicht befindet sich vor allem im mittleren, höheren Teil der Spirale. Darüber wird Sand aufgebracht, schließlich folgt komposthaltiger Boden, in dem die Pflanzen wachsen. Der Wasseranteil wird mit einem Maurerkübel, einer kleineren Teichwanne oder mit einem Stück Teichfolie gebaut (ausreichend groß, um Wasserverlust durch Falten zu vermeiden).

5. Das Material

Für den Bau einer Kräuterspirale mit ca. 2,50 m Durchmesser und 70 cm Höhe benötigt man ca. 1,5 t mittelgroße Bruchsteine, ca. einen Kubikmeter Bauschutt bzw. Schotter, ca. einen viertel Kubikmeter Sand, einen halben Kubikmeter komposthaltige Erde, einen Maurerkübel mit ca. 80 cm Durchmesser oder eine entsprechende Teichwanne bzw. ca. 4 m² Teichfolie. Als Faustregel gilt, dass 1 t Bruchsteine für ca. 3 m² sichtbare Natursteinmauer ausreicht.

6. Der Bau

Zunächst wird die Form der Spirale mit Schnüren und Zelthäringen auf dem Boden markiert. Danach wird der Boden im Bereich des 80 cm tiefen Teichs ausgehoben und die Wanne auf ein Sandbett eingesetzt. Sie sollte ebenerdig abschließen. Entlang der Markierungsschnur wird nun die Form der Spirale aus Steinen gesetzt.

Am Teich bleibt die Spirale nur eine Steinreihe

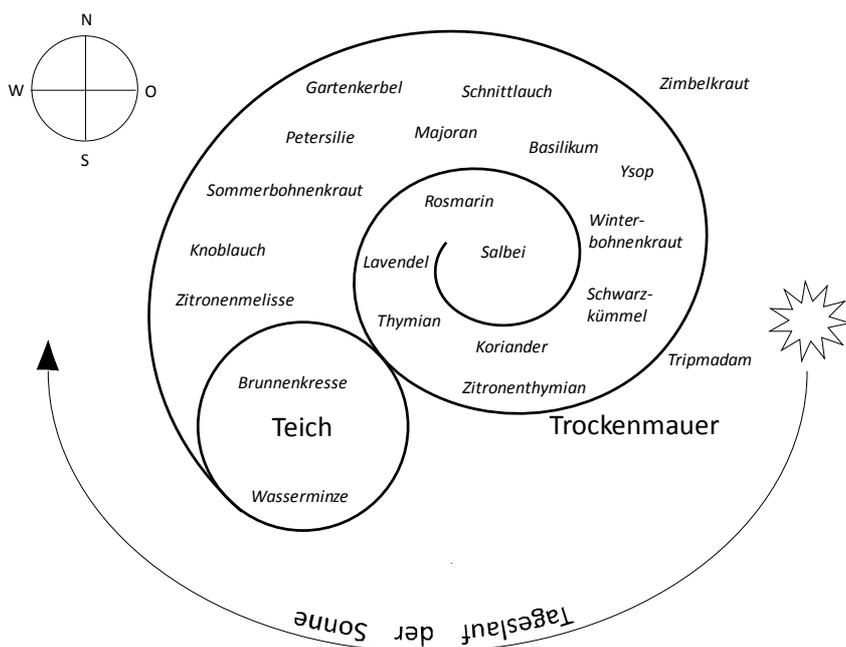


Abbildung 18: Ausrichtung der Kräuterspirale zur Sonne

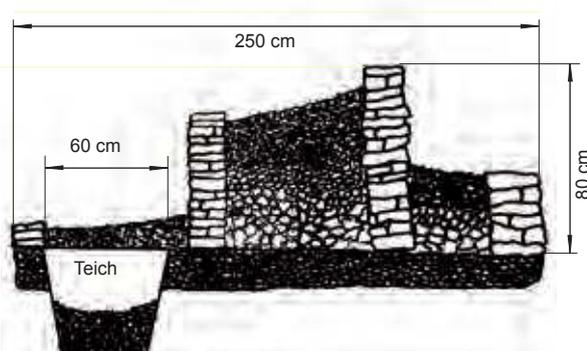


Abbildung 19:
Querschnitt durch die Kräuterspirale
Für 3 m² sichtbares Mauerwerk benötigt man 1 m³ Bruchsteine.

hoch, ca. 30 cm entfernt beginnt man eine zweite Steinreihe, die auf der zuerst gesetzten Steinreihe aufgebaut wird. Das Innere der Spirale wird nun mit dem Drainagematerial aufgefüllt. Zum Teich hin wird keine Drainageschicht eingebracht.

Danach beginnt man wiederum ein Stück weiter vom Teich entfernt die dritte Steinreihe. Dieses Vorgehen wird fortgesetzt, bis etwa zur halben Höhe der Spirale. Nun wird nur noch in der mittleren Windung die Drainageschicht eingefüllt.

Nach dem weiteren Aufbau der Mauer wird mit der komposthaltigen Erde aufgefüllt.

Es empfiehlt sich, die Spirale danach zu gießen, damit sich das Erdreich setzt. Schließlich wird nochmals Erde aufgefüllt und die Spirale nach eigenen Vorlieben, aber orientiert an den Standortbedürfnissen der Kräuter, bepflanzt. Der Teich wird mit wasserlebenden Kräutern wie Brunnenkresse und Wasserminze bepflanzt. Dazu wird der Kübel/die Wanne/der Folienteich mit Kies bis auf ca. 15 cm Wassertiefe aufgefüllt. Dann kann gepflanzt werden. Um das Ertrinken von Insekten oder anderen Tieren im Wasserbecken zu verhindern, wird eine „Rettungsrampe“ in Form eines Steins o.ä. eingebaut.

7. Die Pflege

Die Kräuter werden im Sommerhalbjahr regelmäßig geerntet und damit zurückgeschnitten. Aufkommende Wildkräuter werden entfernt. Im ersten Jahr wird es nötig sein, die frisch gesetzten Pflanzen regelmäßig zu gießen. Haben sie tiefer eingewurzelt, ist das nur noch bei großer Hitze und Trockenheit notwendig.

8. Die Erkundungen

Mit elektronischen Temperaturfühlern wird die Oberflächentemperatur der senkrechten und waagrechten Mauerabschnitte im besonnten und nicht besonnten Bereich sowie an der Bodenoberfläche in verschiedenen Zonen gemessen.

Die Produktion ätherischer Öle bei den Kräutern aus wärmeren Zonen (Rosmarin, Salbei, Lavendel, Thymian, Winterbohnenkraut) ist abhängig von der Sonneneinstrahlung und von der Wärme. Auf den Blattunterseiten erkennt man unter einer Stereolupe die Öltröpfchen. Geschmacksproben bei verschiedenen Wetterlagen zeigen unterschiedliche Geschmacksintensitäten.

Bei hoher Sonneneinstrahlung ist der Insektenbesuch der blühenden Pflanzen besonders intensiv und eindrucksvoll. Präferenzen der verschiedenen Blütenbesucher lassen sich erkennen.



Abbildung 20: Geräte zur Erkundung an der Kräuterspirale von links: Evaporimeter nach Piché, Thermometer analog und digital, Luxmeter

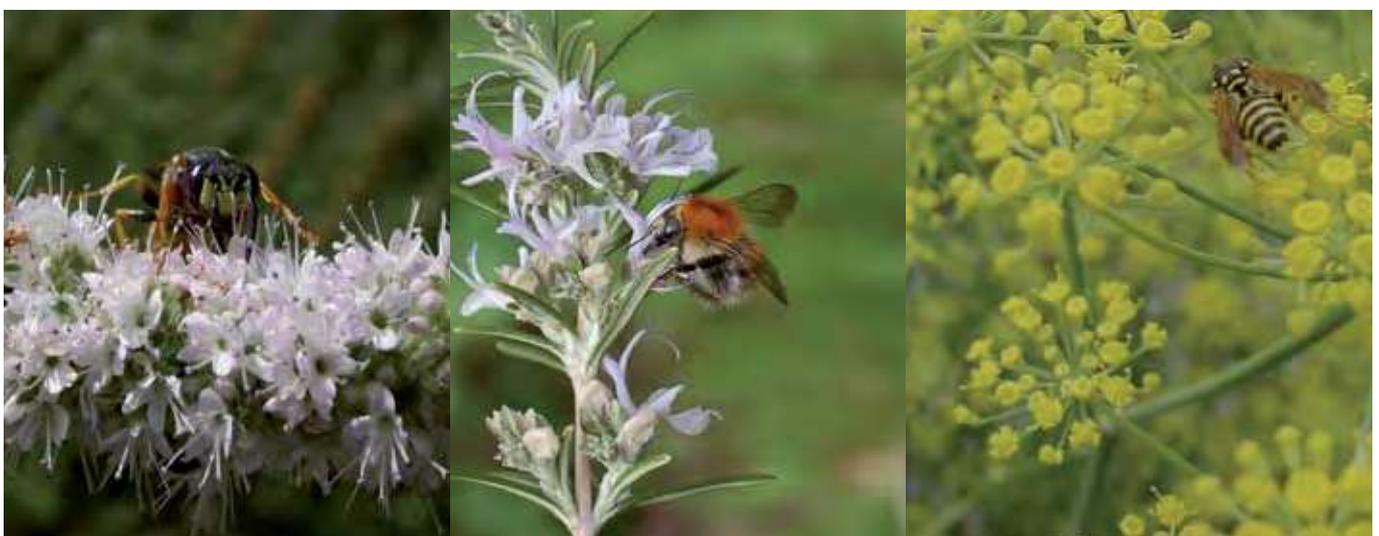


Abbildung 21 - 23: Blühende Kräuter locken Insekten an: Wespe auf Apfelmünze, Hummel auf Rosmarin, Wespe auf Fenchel



Abbildung 24: gepflegter Kräutergarten

5. Kräuter – in Küche, Kosmetik und Krankenbehandlung

Kräuter bieten vor allem im Hinblick auf die Ernährung sehr viele Möglichkeiten der Nutzung. Aber auch in der Medizin, der Kosmetik und dem „Wellnessbereich“ spielen sie eine große Rolle. Für die Verwendung der Pflanzen gilt generell, dass sie möglichst reich an Inhaltsstoffen sein sollen. Damit sie gehaltvoll bleiben, müssen sie schonend verarbeitet und gegebenenfalls konserviert werden.

5.1 Ziele bei der Verwendung frischer Kräuter

Ziel 1: möglichst aromatisch

Faustregel: Sommer, Sonne, vor der Blüte

Der Gehalt Aroma bestimmender Inhaltsstoffe ist im Sommer bei sonniger Witterung am höchsten. Der beste Erntezeitpunkt insbesondere für mediterrane Arten ist die Zeit kurz vor der Blüte (wenn Knospen angelegt, aber noch nicht aufgeblüht sind). Tageszeitlich ist bei diesen Kräutern der Vormittag am besten für die Ernte geeignet, wenn die Sonne bereits intensiv einstrahlt, der Tau abgetrocknet ist, aber die stärkste Mittagshitze noch nicht auf die Pflanzen einwirkt, z.B. bei Salbei, Rosmarin, Basilikum, Pfefferminze.

Bei einigen Teekräutern werden die Blüten genutzt. Bei diesen Arten muss man mit der Ernte warten, bis die Blüten voll entwickelt sind, z.B. bei Kamille und bei Malven. Bei anderen Arten nutzt man die Früchte zur Zubereitung von Tee oder als Würze (z.B. Fenchel, Kümmel, Anis, Koriander). Die Früchte erntet man am besten, wenn die ersten reif werden. Bei Doldenblütengewächsen (Apiaceae) werden die kompletten Dolden abgeschnitten und in einem Stoffbeutel an einem luftigen Ort aufgehängt. Die Früchte reifen dann nach, fallen ab und können aus dem Stoffbeutel nach der Trocknung direkt abgefüllt werden.

Ziel 2: immer frische Kräuter

Regelmäßig schneiden und/oder ernten
Regelmäßig die Blüten entfernen

Bei den meisten Kräutern werden die Blätter und jungen Triebe genutzt. Daher empfiehlt es sich, die Pflanzen regelmäßig zurückzuschneiden, um die Blütenbildung zu unterdrücken und den Austrieb von Seitenknospen zu fördern. Viele Arten verlieren an Aroma, wenn sie in das Stadium der Blüte kommen. Daher werden sich entwickelnde Blüten in der Regel entfernt, z.B. bei Schnittlauch, Sauerampfer, Pimpinelle und Estragon.

5.2 Ziele bei der Lagerung und Konservierung von Kräutern

In Mitteleuropa stehen frische, aromareiche und im Freiland gewachsene Kräuter in der Regel nur im Sommer zur Verfügung. Um ganzjährig die aromatischen Pflanzen zur Verfügung zu haben ist man in unseren Breiten darauf angewiesen, Kräuter möglichst schonend zu konservieren. Hierbei werden folgende Ziele verfolgt:

Ziel 1: Das Aroma schonen

Frisch verarbeiten, nicht lange liegen und austrocknen lassen, sorgfältig verpacken und transportieren

Bleiben geerntete Kräuter längere Zeit liegen (womöglich in der prallen Sonne), verlieren sie nicht nur Wasser und beginnen zu welken, sondern auch Aromastoffe (ätherische Öle). Um sie mit der größten Aromaerhaltung weiter verarbeiten zu können, sollte man Kräuter erst kurz vor Beendigung der Arbeit im Garten möglichst sauber ernten, nicht abwaschen und möglichst ohne Erdreste in Plastiktüten oder Kunststoffgefäße verpacken. Sie können dann für wenige Tage im Kühlschrank für den Frischverzehr aufbewahrt werden. Müssen Kräuter von anhaftenden Erdresten gereinigt werden (z.B. Kresse), wäscht man sie erst unmittelbar vor dem Verzehr kurz ab und trocknet sie in einem sauberen Küchenhandtuch oder in der Salatschleuder.

Ziel 2: Qualität erhalten

Sollen Kräuter oder Teile davon längere Zeit aufbewahrt und genutzt werden, gelten dieselben Regeln wie bei der Konservierung vieler anderer Lebensmittel. Um einen Qualitätsverlust zu vermeiden, muss man dafür sorgen, dass ein Verlust von Inhaltsstoffen, eine langsame Austrocknung und Verrottung vermieden wird. Zu langsame Trocknung begünstigt das Wachstum zersetzender Mikroorganismen (Bakterien, Pilze). Die beste Konservierung erreicht man durch schnelle Trocknung und anschließenden Lichtschutz.

Eine Konservierung schützt vor allem vor mikrobiellem und enzymatischem Abbau sowie vor Oxidation. Um diese Ziele zu erreichen gibt es zahlreiche Verfahren. Dazu gehört die Trock-

nung, die möglichst schnell, aber ohne die schädigende Wirkung zu hoher Temperaturen erfolgen sollte. Wird bei zu hohen Temperaturen getrocknet, können quasi durch Aufkochen der Flüssigkeiten Zellschädigungen entstehen, die zu einem Qualitätsverlust führen. Wird zu langsam getrocknet, kann durch zu lange im Trocknungsgut verbleibende Flüssigkeit das Wachstum von Mikroorganismen begünstigt werden. Entscheidend für den Erfolg einer Trocknungsmethode sind eine niedrige Luftfeuchte in der Umgebung, gute Durchlüftung und Temperaturen möglichst nicht über 80°C. Trocknet man Kräuter im Freien, werden sie an einer Schnur aufgehängt, damit eine gleichmäßige und gründliche Durchlüftung gewährleistet ist.

Abbildung 25: Getrocknete Kräuter



Eine andere Möglichkeit, frische Kräuter haltbar zu machen ist das Tiefkühlen. Dabei ist zu beachten, dass der Gefriervorgang möglichst schnell erfolgt und Temperaturen von höchstens -18°C herrschen, nicht wärmer. Ziel des Tiefkühlens ist die Vermeidung der Bildung von Eiskristallen bei höheren Minusgraden, die zu Zellschädigungen und damit zum Qualitätsverlust führen können. Beim Tiefkühlen ist darauf zu achten, dass das Gefriergut eng anliegend in Kunststoffolie verpackt ist, um Gefrierbrand zu vermeiden. Vom Tiefgefrieren ist das Gefriertrocknen zu unterscheiden, das als technisches Konservierungsverfahren darauf beruht, unter Gefrierbedingungen dem Gefriergut schnell das Wasser zu entziehen und damit eine maximale Qualitätserhaltung zu erreichen.

Weitere Konservierungsverfahren beruhen vor allem auf osmotischen Wirkungsprinzipien oder auf dem Ausschluss von Sauerstoff. Durch Ein-salzen bzw. Einlegen in Salz wird dem Lagergut auf osmotischem Weg Wasser und damit den zersetzenden Mikroorganismen die Lebensgrundlage entzogen. So kann z.B. klein geschnittenes Suppengewürz (Sellerie, Karotten, Lauch, Petersilie, Liebstöckel) mit Hagelsalz gemischt im Kühlschrank lange aufbewahrt und verwendet werden.

Sauerstoffentzug und die konservierende Wirkung von Säuren ist das Prinzip beim sauren Einlegen, z.B. in Essig. In Oliven-, Sonnenblumen oder Safloröl eingelegte Kräuter bleiben durch den Sauerstoffausschluss lange haltbar. Dabei ist darauf zu achten, dass das Lagergut immer vollständig vom Öl bedeckt ist.

Sowohl beim Einlegen von Kräutern in Essig als auch in Öl tritt ein erwünschter Nebeneffekt auf: Die Flüssigkeit, in die die Kräuter gelegt werden, nehmen Aromastoffe von den Kräutern auf und können daher selbst zum Würzen von Speisen verwendet werden.

Richtig lagern

Durch geeignete Lagerungsformen kann die Haltbarkeit von Kräutern verlängert werden. Dabei spielen vor allem die Faktoren Temperatur, Luftfeuchte und Lichteinfluss eine entscheidende Rolle. Frisch geerntete Kräuter lagert man kurzfristig, in dem man sie in ein Gefäß mit Wasser

stellt, ähnlich wie ein Blumenstrauß. Hier kann es durchaus von Vorteil sein, wenn die Pflanzen im Licht stehen, da sie weiter Photosynthese betreiben. Für die kurzfristige Lagerung über einige Tage eignet sich daneben der Kühlschrank, wobei auf eine gute Verpackung der Kräuter zu achten ist, um Schädigung durch langsame Austrocknung zu vermeiden. Längerfristige Haltbarmachung erfordert die oben beschriebenen Maßnahmen der Konservierung.

5.3 Verwendungsmöglichkeiten

Die Verwendungsmöglichkeiten von Kräutern sind ebenso vielfältig wie die Kräuter selbst. Von Teepflanzen, Würze bei der Speisenzubereitung über die Nutzung als Arzneipflanzen reicht die Anwendung bis zur Bereicherung der Gärten mit Pflanzen, die verschiedene Sinne ansprechen. Kräuter gelten daneben als Repräsentanten verschiedener geografischer Regionen und wecken entsprechende Assoziationen. Viele Kräuterarten eignen sich auch als Begleitgrün in Blumenrabatten. Im Erleben bei der Anzucht, der Kultur und der Ernte sowie der Verarbeitung von Kräutern und ihrer Anwendung in den verschiedensten Bereichen fördern sie das Verständnis für pflanzliches Leben und die Kreativität. Praktische Anregungen für Verwendungsmöglichkeiten finden sich auf den Materialseiten.

Dabei geht es um Kräuter als

- Würze (Kräuteressig, Kräuteröl, [Material 3](#) S. 74),
- Soße für Gerichte (Pesto, Grüne Soße, [Material 4](#), S. 75),
- Zutat zu Süßigkeiten ([Material 5](#), S. 76)
- Tee ([Material 6](#), S. 77),
- Mittel gegen Mikroorganismen ([Material 7](#), S. 78),
- Lieferant ätherischer Öle ([Material 8](#), S. 80).

5.4 Verwendung im Schulalltag

Kräuter stellen für den Unterricht in verschiedenen Fächern, vor allem Biologie, Chemie und Hauswirtschaft, aber z.B. auch Geschichte (Balsamierung der Mumien in der altägyptischen Hochkultur) einen reichen Fundus dar. Einige Beispiele seien hier genannt:

- Mikroskopie von Öldrüsen unter der Lupe/Stereolupe/Mikroskop. Hierfür eignen sich vor allem die Blattunterseiten von Salbei, Rosmarin, Lavendel und Minze, die im Auflicht betrachtet werden. Man erkennt deutlich die aus den Öldrüsen austretenden Öltröpfchen (ätherische Öle, Abbildungen 37, [Material 8](#))
- Kräuter stellen ideale Objekte für ökologische Untersuchungen zur Anpassung an den Lebensraum dar (vgl. 6. „Ökophysiologie, S. 79).
- Kräuter bieten einen Zugang zur Systematik und Taxonomie, denn es gibt einige Familien, die besonders viele als Kräuter nutzbare Pflanzenarten aufweisen. Dazu gehören in Europa vor allem die Lippenblütengewächse (Lamiaceae), Doldenblütengewächse (Apiaceae), Lauchgewächse (Alliaceae), einige Korbblütengewächse (Asteraceae) und Kreuzblütengewächse (Brassicaceae).
- Kräuter eignen sich sehr gut für die unter-
- richtliche Behandlung des Themas „Pflanzenvermehrung“. Sowohl die vegetative Vermehrung durch Stecklinge als auch generative Vermehrung durch Früchte und Samen ([Material 1, 2](#)) lassen sich an Kräutern sehr gut erproben und anwenden. So kann ein Verständnis für Entwicklungskreisläufe in der Natur erfahrungsbasiert aufgebaut werden. So entwickelt sich auch ein Verständnis für den pflanzlichen Entwicklungszyklus.
- Die ätherischen Öle der Kräuter entstammen dem sekundären Stoffwechsel der Pflanzen und stellen eine sehr heterogene Stoffgruppe dar. Viele dieser Substanzen lassen sich durch Wasserdampfdestillation isolieren ([Material 8](#)) und stellen damit ein gutes Beispiel für Stofftrennungen durch Destillation dar, z.B. Dillöl, (Chemie). Einige Duftstoffe sind auch in Wasser löslich und spielen daher eine große Rolle bei der Parfümherstellung. Die historische Bedeutung der Duftstoffe wurde auch literarisch bearbeitet, z.B. bei Patrick Süßkind: „das Parfüm“.
- Im Schulgarten sind Kräuter eine der wichtigsten Pflanzengruppen. Sie bieten hervorragende Möglichkeiten für Mitmachaktionen, z.B. beim Schulfest, einem Schulgartenaktionstag oder einem Basar (Herstellung von Kosmetika, Salben, Hustensaft, Kräuternessig und Kräuteröl ([Material 3](#)), Tees, Duftsäckchen, Kräutersalz und vieles mehr).



Abbildung 26
Brote mit Quark und Kräutern
sind lecker und gesund.

Selbst gezogen – selbst gemacht: Produkte aus dem Kräutergarten

Der erste Schritt: Richtig ernten und trocknen

Damit die im Schulgarten gewachsenen Kräuter möglichst aromatisch bleiben, ist bei der Kultur und bei der Ernte einiges zu beachten:

1. Bei Kräutern, deren Blätter genutzt werden, regelmäßig die Blütenansätze entfernen.
2. Frisch genutzte Kräuter möglichst kurz vor der Verwendung ernten.
3. Teekräuter nach dem Ernten an einem luftigen, schattigen Platz aufhängen, damit sie schnell trocknen und durch das Sonnenlicht nicht ausbleichen.
4. Blüten von Blütenkräutern ausgebreitet an einem luftigen, trockenen Ort trocknen. Direkte Sonne vermeiden.
5. Damit man wiederholt ernten kann und die Kräuter nicht auswachsen und umkippen, regelmäßig zurückschneiden.

Lecker konservieren: In vier Schritten zu einem Kräuternessig (nach Birkenbeil 1999, S. 96)

Was man braucht:

Glasflaschen, Korkverschluss, Schaschlikstäbchen, Trichter, heller Weinessig, Etiketten, Stift.

1: Die Kräuter auswählen

Für einen gemischten Kräuternessig kann man verschiedene Kräuter je nach Geschmack verwenden. Für den Anfang eignet sich eine Mischung, die sich vielfach bewährt hat. Verwendet werden jeweils Triebspitzen der Kräuter (jeweils 3-4): Estragon, einen fruchtenden Trieb Dill, Zitronenmelisse, Ysop, Zitronenthymian, etwas Basilikum.

Die Kräuter werden frisch geschnitten und direkt im Garten verarbeitet. Sie sollten nicht mit Erde oder Sand verunreinigt sein. Kräuter nicht waschen.

2: Die Flasche vorbereiten

Die Kräuter werden vorsichtig mit dem Schaschlikstäbchen in die Flasche geschoben. Evtl. kann noch eine Knoblauchzehe oder ein paar Himbeeren zugegeben werden (nicht beides zusammen). Die Kräuter sollten locker in der Flasche stehen, nicht überfüllen.

3: Auffüllen mit Essig

Nun wird in die Flasche mit den Kräutern mit Essig so weit aufgefüllt, dass die Pflanzen vollständig bedeckt sind. Ragen sie aus dem Essig heraus besteht die Gefahr, dass sie schimmeln.

4: Verschließen und lagern

Schließlich wird die Flasche mit einem Korken verschlossen und mit einem Etikett versehen. Aufbewahrt wird sie zunächst im Hellen (ca. 1-2 Wochen); danach kann der Kräuternessig ins Dunkle gestellt werden.

Nach Anbruch wird der Essig in eine andere Flasche umgefüllt oder die Pflanzenteile mit einem Schaschlikstäbchen herausgezogen. So wird Schimmelbildung vermieden.

Variante: Kräuteröl

Man verwendet dafür in der Regel andere Kräuter als für Kräuternessig: Salbei, Rosmarin, Thymian, Knoblauch, Peperoni. Meist wird nur eine Kräuterart eingelegt. Auch hier kommt es darauf an, die Zutaten vollständig untergetaucht in das Öl einzulegen. Da das in der Regel verwendete Olivenöl sehr lichtempfindlich ist, sollte das Kräuteröl dunkel gelagert werden.



Abbildung 27
Selbstgemachter Kräuternessig ist der Renner auf dem Schulgartenbasar.

Vom Kräutergarten in die Schulküche

Kräuter aus dem Schulgarten eignen sich besonders gut für die beiden folgenden Rezepte.

1. Pesto für 20 Portionen

Zutaten:

- ca. 200 g Basilikumblätter
- ca. 200 ml gutes Olivenöl
- 20 g angeröstete Pinienkerne
- 20 g Knoblauch
- 10 g Salz

Für 20 Personen werden für das Pestogericht zusätzlich ca. 2 kg Spaghetti und 200 g geriebener Parmesan-Käse benötigt.

Basilikumblätter verlesen und waschen. Wasser in einer Salatschleuder entfernen und Blätter mit einem Küchentuch trocken tupfen. Zutaten im Fleischwolf oder im Mörser zerkleinern (zum Basilikum und zu den Pinienkernen immer Öl hinzugeben), danach gut vermischen. Das Pesto vor dem Servieren mit den Spaghetti vermischen und mit Käse überstreuen.

Man verwendet es am besten frisch. Mit Öl abgedeckt ist es im Kühlschrank einige Tage haltbar. Man kann es auch in Eiswürfelbehälter portioniert einfrieren.

2. „Frangfoddä Grie Soß“ (Frankfurter Grüne Soße)

Grüne Soße ist ein beliebtes regionales Gericht. Ähnliche Gerichte gibt es in Italien (Salsa verde) oder auch in Frankreich.

Zur klassischen Grünen Soße gehören folgende 7 Kräuter:

- Sauerampfer
- Pimpinelle
- Gartenkerbel
- Petersilie
- Schnittlauch
- Gartenkresse
- Borretsch

Für 4 Personen werden üblicherweise 500 g gemischte Kräuter (etwa zu gleichen Teilen) verwendet. In Südhessen kann man sie auf dem Markt portionsweise verpackt kaufen (siehe Abbildung).

Die Kräuter werden sehr fein gehackt oder durch den Fleischwolf gedreht. Dazu gibt man 1 Esslöffel Essig, 2 Esslöffel Öl, 1/4 Liter saure Sahne, 150 Gramm Joghurt, 1 Prise Zucker, Salz und Pfeffer.

2 Zwiebeln werden mitgehackt bzw. durch den Fleischwolf gedreht. Zur Dekoration werden für 4 Personen 4 hart gekochte Eier halbiert und auf die Soße gesetzt. Dazu gibt es Pellkartoffeln.

Weitere Rezeptideen:

Kräuterquark, Rosmarinkartoffeln, Salbeihühnchen



Abbildung 28: Basilikum



Abbildung 29:
Die Kräuter zur Frankfurter Grünen Soße werden auch auf dem Markt angeboten.

Geruchs- und Geschmackserlebnisse im Kräutergarten

1. Ein Ausflug in die Duftwelt des Mittelmeers:

Du brauchst fünf kleine Plastikdosen, Stift, eine Augenbinde, einige Blätter von Rosmarin, Lavendel, Salbei, Ysop, Thymian und Bohnenkraut.

Bereite Dosen mit sehr fein zerschnittenen Kräutern vor:

1: Rosmarin, 2: Lavendel, 3: Salbei, 4: Ysop, 5: Thymian, 6: Bohnenkraut.

Verschließe die Dosen. Erst im folgenden Test werden sie nacheinander einzeln geöffnet. Deckel nicht vertauschen.

Test:

Ein/e Versuchspartner/in bekommt die Augen verbunden. Lass ihn/sie an den Proben intensiv riechen und nenne dabei den Namen des in der Dose befindlichen Krauts. Zum besseren Merken wird die Geruchsprobe wiederholt.

Dein/e Versuchspartner/in versucht nun ohne Augenbinde, die Düfte im Kräuterbeet wiederzufinden. Dazu können Blätter der verschiedenen Arten zwischen den Fingern zerrieben werden.

Variante:

2 Versuchspersonen riechen an den Proben. Wer hat zuerst alle Kräuter wiedererkannt?

Bei heißem Wetter mit Sonnenschein duften die Kräuter intensiver. Habt ihr eine Idee, woran das liegen könnte?

2. Minze ist nicht gleich Minze

Ihr braucht verschiedene Minzen, einen Kocher, einen Topf mit heißem Wasser, passende Schale mit Schokoladen-Kuvertüre, Pinzette, Backpapier

In Kübeln findet ihr verschiedene Minzen. Sie riechen und schmecken sehr unterschiedlich. Zerreibt zunächst die Blätter zwischen den Fingern und vergleicht den Geruch. Anschließend werden kleine Blattstückchen zerkaut und geschmacklich getestet.

Bringt das Wasser fast zum Sieden. Stellt die Schale mit der Schokoladen-Kuvertüre hinein und bringt sie zum Schmelzen. Taucht mit der Pinzette jeweils ein kleines Blättchen der verschiedenen Minzen in die flüssige Kuvertüre und legt das schokolierte Blättchen auf Backpapier zum Abkühlen.

Ist die Kuvertüre fest geworden, probiert die verschiedenen schokolierten Minzblättchen. Kann man die verschiedenen Sorten herausschmecken? Welche schmeckt am besten?



Abbildung 30: Verschiedene Minzen. Von li. nach re.:
Bachminze, Rossminze,
Pfeffer-Minze, Ährenminze,
Apfelminze

3. Teetest mit Zitronenkräutern - Alles Geschmackssache?

Material:

- Je Teilnehmer 1 Tasse
- 4 (Tee-)Kannen, beschriftet von 1 - 4
- 4 Teefilterbeutel und Halter, evtl. Faden zum Zubinden
- frische Blätter oder Triebspitzen (notfalls getrocknete Blätter) von
 1. Zitronengras
 2. Zitronenmelisse
 3. Zitronenthymian
 4. Zitronenstrauch (Zitronenverbene)



Abbildung 31:
Glaskannen mit Zitronentees

Durchführung

Die Testleiterin oder der Testleiter bereitet die 4 Tees in den nummerierten Kannen zu. Dazu werden die Kräuter mit kochendem Wasser übergossen und nach dem Ziehen (5-10 Minuten) herausgenommen. Die Testpersonen gießen jeweils kleine Mengen in die Tassen und ermitteln (jede für sich) ihren individuellen Lieblingstee.

Auswertung

Die Testpersonen tauschen sich über ihre Geschmacksempfindungen aus. Finden alle den gleichen Tee gut?

4. Teemischungen bei kleinen Gesundheitsproblemen

Am einfachsten holt man die Kräuter frisch aus dem Garten und bereitet den Tee zu. Für einen Vorrat werden Salbei, Thymian und Lorbeerblätter vor der Blüte bei trockenem Wetter gesammelt und möglichst schnell an einem luftigen, schattigen Ort getrocknet.

Kamillentee

Ein Teelöffel Kamilleblüten wird mit ca. ½ l nicht mehr kochendem Wasser übergossen und ca. 5 Minuten ziehen lassen.

Kamillentee ist vielfältig einsetzbar: Er kann als Gurgelmittel, Getränk, zum Inhalieren, für Umschläge und Bäder verwendet werden und wirkt pharmazeutisch nachweislich entzündungshemmend, krampflösend, lindert Menstruationsbeschwerden, wirkt muskelentspannend und beruhigend.

Erntetipp: Nur bei trockenem Wetter ernten! Die Blütenstände der Echten Kamille werden breit ausgelegt und schnell getrocknet.



Abbildung 32: Echte Kamille

Hustentee aus frischen Gartenkräutern

5-6 junge Salbeiblätter
Ca. 10 Triebspitzen Thymian

Die Kräuter mit ca. ½ l nicht mehr kochendem Wasser übergießen und mindestens 5 Minuten ziehen lassen. Tee durch ein Sieb gießen, mit Honig süßen und noch heiß trinken.

Canarino – ein Tee gegen Magenverstimmungen aus Sardinien

- 5 Lorbeerblätter
- Abgeschälte Schale einer ungespritzten Zitrone

Lorbeer und Zitronenschale ca. 10 Minuten in ca. ½ l Wasser kochen, abgießen, leicht süßen und noch heiß genießen.

Von Mumien, Fäulnis vertreibenden Düften und dem „Essig der vier Diebe“

Im alten Ägypten wurden die als göttlich angesehenen Könige (Pharaonen) nach ihrem Tod mumifiziert, um sie gegen Verwesung zu schützen und sie so auf ihre Wiedergeburt vorzubereiten. Neben der Entfernung der meisten inneren Organe, dem Einsatz von Salz, Pottasche, Natron und Pech kamen in langwierigen und komplizierten Verfahren auch pflanzliche Öle, Fette und ätherische Öle, Weihrauch und Myrrhepulver zum Einsatz, da diese als konservierend galten (Volke 1993).

Auch später wurden Kräuter wegen ihrer besonderen Eigenschaften zum Schutz gegen Krankheit und Tod verwendet. Im 17. Jahrhundert wütete in Toulouse die Pest. Vier Diebe sollen damals die Häuser von an Pest Gestorbenen geplündert haben und nicht angesteckt worden sein. Zum Schutz vor Ansteckung hatten sie sich Tücher um den Kopf gewickelt, die mit Essig getränkt waren, der mit Kräutern aromatisiert war.

8g getrockn. Absinthspitzen
 8g getrockn. Rosmarinspitzen
 8g getrocknete Salbeispitzen
 8g getrocknete Minzespitzen
 8g Lavendelblüten
 8g Thymianblüten
 3 Gewürznelken
 1g Knoblauch
 1g gemahlener Zimt
 1g Muskatnuss
 1g Iriswurzelpulver
 500g Weinessig
 16g Essigsäure
 2g in Alkohol gelöster Kampfer

Das Rezept (links) ist bis heute überliefert (aus: http://www.mittgard.de/archiv/index_02.html?archiv/oel/o_01.html, 11.03.2011).

Die enthaltenen Kräuter werden wegen ihrer pharmazeutisch nachgewiesenen entzündungshemmenden und keimhemmenden Wirkungen auch heute noch medizinisch verwendet. Die „Schnäbel“ der spätmittelalterlichen Pestärzte (Abbildung 33) waren gefüllt mit verschiedenen aromatischen Kräutern und mit Myrrhe, bei der eine desinfizierende Wirkung nachgewiesen ist.

Den Zusammenhang von Seuchen und Bakterien sowie anderen Mikroorganismen kannte man damals noch nicht. Daher waren auch hygienische Grundregeln noch nicht bekannt. Man vermutete, dass Krankheiten mit der Verwendung von Wasser zusammenhängen. Deshalb wurde der von Fäulnis und Verwesung ausgehende Gestank auch häufig nicht beseitigt, sondern man versuchte, ihn mit Wohlgerüchen zu überdecken. Plastisch hat dies Patrick Süßkind in seinem Roman „Das Parfüm“ (1985, Diogenes-Verlag, Zürich) geschildert:

„...Es stanken die Straßen nach Mist, es stanken die Hinterhöfe nach Urin, es stanken die Treppenhäuser nach fauligem Holz und nach Rattendreck, die Küchen nach verdorbenem Kohl und Hammelfett; die ungelüfteten Stuben stanken nach muffigem Staub, die Schlafzimmer nach fettigen Laken, nach feuchten Federbetten und nach dem stechend süßen Duft der Nachttöpfe. Aus den Kaminen stank der Schwefel, aus den Gerbereien stanken die ätzenden Laugen, aus den Schlachthöfen stank das geronnene Blut. Die Menschen stanken nach Schweiß und nach ungewaschenen Kleidern; aus dem Mund stanken sie nach verrotteten Zähnen, aus ihren Mägen nach Zwiebelsaft und an den Körpern, wenn sie nicht mehr ganz jung waren, nach altem Käse und nach saurer Milch und nach Geschwulstkrankheiten. Es stanken die Flüsse, es stanken die Plätze, es stanken die Kirchen, es stank unter den Brücken und in den Palästen. Der Bauer stank wie der Priester, der Handwerksgehilfe wie die Meistersfrau, es stank der gesamte Adel, ja sogar der König stank, wie ein Raubtier stank er....“

Aufgaben:

1. Welche Eigenschaften der Kräuter legten es den Menschen im Mittelalter nahe, sie gegen Krankheit und Verderben einzusetzen?
2. Wie beurteilst Du aus heutiger Sicht die damalige Vorgehensweise?



Abbildung 33: Doctor Schnabel von Rom - Arzt mit Schutzmaske während einer Pestepidemie

6. Ökophysiologische Hintergründe – Zugänge zu Pflanzen

Für die Nutzung vieler Kräuter ist ihr Gehalt an ätherischen Ölen ausschlaggebend. Auffallend ist, dass viele Pflanzen mit einem hohen Gehalt an ätherischen Ölen aus wärmeren Gegenden stammen, in Europa vor allem aus dem Mittelmeerraum. Dort herrscht ein extrem sommertrockenes Klima. Ökologisch gesehen können die ätherischen Öle mit den klimatischen Verhältnissen in Verbindung gebracht werden. Nach Düll & Düll (2007, 335) bewirkt ihre Verdunstung um die Pflanzen herum einen „Glashauseffekt“. Bei kühler Witterung soll durch die entstehende „Duftwolke“ der „Luftraum um die Pflanze“ wärmer, an heißen Tagen kühler und feuchter sein als in der Umgebung. Nabors (2007) macht pflanzliche Terpene für den blauen Dunst verantwortlich, den man bei sehr warmem Wetter über der mediterranen Landschaft im Bereich der Buschwälder (Macchia, Garrigue) liegen sieht (Nabors 2007). Tatsächlich kann man an heißen Tagen auch schon im Kräutergarten um die Pflanzen herum den Duft der verdunstenden ätherischen Öle deutlich wahrnehmen. Eine weitere Deutung der Bildung dieser Stoffe durch die Pflanzen besteht in ihrer Fraßhemmung gegenüber pflanzenfressenden Tieren.

Diese Eigenschaften der Kräuter ermöglichen interessante Zugänge zu den sonst eher als langweilig geltenden Pflanzen. Mit den Sinnen und mit Hilfsmitteln werden verschiedene Kräuter erkundet und anschließend verwendet. Spielerisch kann die Vielfalt der Arten erkundet und kennengelernt werden (Material 5: Verschiedene Kräuter werden zerkleinert und in verschleißbare Döschen gegeben, z.B. Rosmarin, Lavendel, Salbei, Ysop, Thymian, Bohnenkraut. Mit verbundenen Augen werden die Kräuter ausgiebig gerochen und die Namen genannt. Anschließend gehen die Schüler/innen im Kräutergarten mit offenen Augen durch die Beete und versuchen, durch Zerreiben von Blättern die Gerüche wieder zu erkennen und die Pflanzenarten zu benennen.

Zur Erkundung der Arten- und Sortenvielfalt eignen sich auch verschiedene Minzen (Material 5, S. 76). Sie lassen sich sehr gut in Pflanzkübeln kultivieren. Hier können Geschmacks- und Geruchsnuancen sehr gut durch Zerkauen kleiner Proben erkundet werden. Zusätzlich bieten Minzen die Möglichkeit, durch ihre unterschiedlichen



Blattformen und Behaarungen, den Tastsinn mit einzusetzen. Kleine, junge Minzblätter eignen sich auch hervorragend dazu, sie mit einer Pinzette in Schokoladenkuvertüre zu tauchen und dann auf Butterbrotpapier abkühlen zu lassen. In Kombination der Minzen mit Schokolade lassen sich die sehr unterschiedlichen Geschmacksrichtungen gut differenzieren. Geeignete Arten bzw. Sorten sind:

- Bachminze (*Mentha aquatica*)
- Ackermintze (*Mentha arvensis*)
- Edelminze (*Mentha x gracilis*)
- Rossmintze (*Mentha longifolia*)
- Pfefferminze (*Mentha x piperita*)
- Schokoladenminze (*M. x piperita* ‚chocolate mint‘)
- Ährenminze (*Mentha spicata* ‚crispa‘)
- Apfelmintze (*Mentha suaveolens*)
- Ananasminze (*Mentha suaveolens* ‚variegata‘)
- Rossmintze (*Mentha longifolia*)

Im Beet sind viele Minzen eher problematisch, da sie sehr stark wuchern und durch unterirdische Ausläufer (Rhizome) „wandern“. In Kübeln gedeihen sie gut, müssen aber immer wieder geteilt und umgepflanzt werden, da sie sonst beginnen zu kümmern und zu verholzen. Damit eignen sich die Minzen aber auch dazu die Erfahrung zu machen, dass zum Erhalt dieser interessanten Kräuter eine regelmäßige Pflege und Vermehrung notwendig ist.

Abbildung 34:
Vegetationsreiche Landschaft am Mittelmeer (Sardinien). Der über der Landschaft liegende bläuliche Dunst entsteht durch Terpene (ätherische Öle), die im warmen Klima von den Pflanzen abgegeben werden und einen typischen Duft verbreiten.



Abbildung 35:
Blühende Apfelmintze

Woher kommt der Duft?

1. Kräuter unter der „Lupe“

Duft kann man sehen – auf der Unterseite der Blätter von Kräutern. Bei entsprechender Vergrößerung kann man Öldrüsen erkennen. Dort werden ätherische Öle gebildet und abgegeben.

Material

Blätter duftender Kräuter – z.B. Salbei, Rosmarin, Lavendel, Basilikum, Minze, Zitronenstrauch; Lupe, Stereolupe, Mikroskop; Pinzette; Styroporblöckchen (ca. 1x2x2 cm); Rasierklinge; Wasser, Pasteurpipette; Objektträger, Deckglas.

Durchführung

1. Zupfe z.B. von einem Salbeiblatt ein Stück ab, lege es auf eine Unterlage und betrachte die Unterseite mit einer Lupe (Vergrößerung ca. 10x). Was erkennst Du?
2. Lege das Blatt unter eine Stereolupe mit stärkerer Vergrößerung. Was erkennst Du?
3. Fertige einen Querschnitt durch das Blatt an. Schneide das Styroporblöckchen mit der Rasierklinge zur Hälfte ein, klemme das Blatt in den Spalt und schneide eine dünne Schicht ab. Nun fertige einige sehr dünne Schnitte gemeinsam durch das Styroporblöckchen und das Blatt an und überführe sie auf der Seite liegend auf einen Objektträger. Einen Wassertropfen zugeben und mit Deckglas abdecken. Was erkennst Du?



Abbildung 36: Ein Blatt wird in ein Styroporblöckchen eingeklemmt und quer geschnitten.

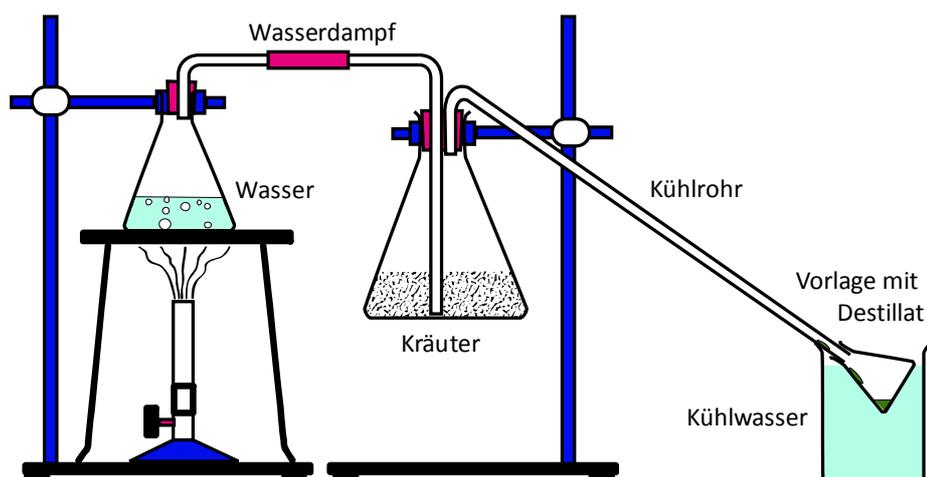


Abbildung 37: Mikroskopisches Bild eines Querschnitts durch ein Pfefferminzblatt. Man erkennt oben eine Öldrüse.

2. Gewinnung ätherischer Öle aus Kräutern

Mithilfe einer Wasserdampfdestillation kann man aus aromatischen Kräutern Duftöle extrahieren. Sehr gut eignen sich Früchte des Fenchels oder des Kümmels, Rosmarinblätter und Lavendelblüten. Für die Extraktion benötigt man mindestens 50 g trockenes Ausgangsmaterial.

- Baue die Destillationsapparatur wie dargestellt auf. Das Rohr, mit dem der Wasserdampf in das Material eingeleitet wird, muss den Boden des Materialbehälters fast berühren. Auf Dichtigkeit der Apparatur achten!
- Wenn das Wasser siedet und der Dampfstrom läuft, Brennerflamme klein stellen!
- Um ein Verdampfen des Destillats zu verhindern, das Auffanggefäß gut kühlen und öfter drehen. Destillat wiederholt in ein Reagenzglas pipettieren.
- Die Destillation ca. 20 Minuten laufen lassen. Destillat in ein Reagenzglas überführen und das aufschwimmende Öl abpipettieren.



Lösungen

1. Dichte Behaarung, evtl. tröpfchenförmigen Ölbehälter.
2. Die Öldrüsen liegen zwischen den Haaren.
3. An sehr dünnen Stellen des Schnitts erkennt man im Durchlicht (Beleuchtung mit der Mikroskopbeleuchtung) die Öldrüsen

Abbildung 38: Wasserdampfdestillation (Zeichnung nach <http://www.seilnacht.com/Download/Download.htm>)

6. Literatur

- Birkenbeil, H. (Hg.)(1999): Schulgärten planen und anlegen, erleben und erkunden, fächerverbindend nutzen. Ulmer, Stuttgart.
- Bown, Deni (1996): The Royal Horticultural Society. DuMont's große Kräuter-Enzyklopädie. DuMont, Köln.
- Düll, R. & I. Düll (2007): Taschenlexikon der Mittelmeerflora. Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- Nabors, M. W. (2007): Botanik. Pearson Studium, München.
- Ohloff, G. (1990): Riechstoffe und Geruchssinn. Springer, Berlin.
- Roth, L. & K. Kormann (1996): Duftpflanzen – Pflanzendüfte. Ecomed, Landsberg.
- Seipel, H. (2009): Fachkunde für Gärtner. Handwerk und Technik, Hamburg.
- Volke, K. (1993): Die Chemie der Mumifizierung im alten Ägypten. Chemie in unserer Zeit 27(1): 42-47.
- Winkel, G. (1995): Umwelt und Bildung. Kallmeyer, Seelze.



Abbildung 39:
Blattunterseite eines roten
Basilikums mit Öldrüsen

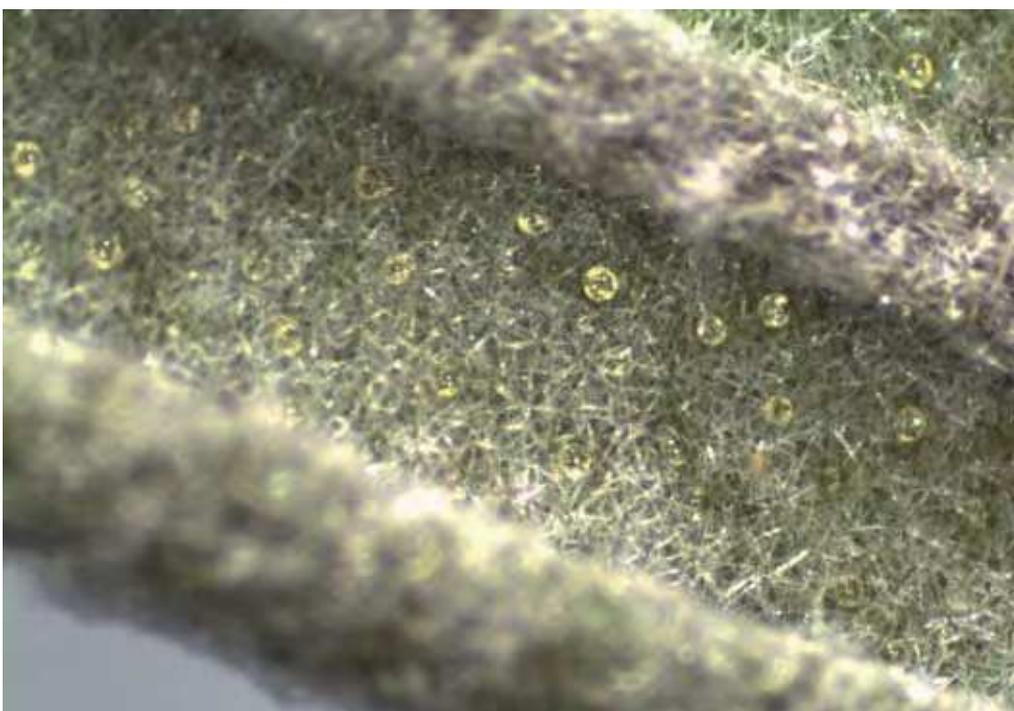


Abbildung 40:
Blattunterseite des Rosma-
rins mit Haaren und Öldrü-
sen

Abbildungsnachweis

Titelseite: Lehnert, Jäkel, Lehnert; **S. 4:** Lehnert, Jäkel; **S. 5:** Jäkel, Köhler

Lebende Solarkraftwerke - Pflanzen als Produzenten (S. 11 - 30)

15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 Lissy Jäkel
3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 34, 57, 58, 59, 60, 62 Hans-Joachim Lehnert
14, 16 Wikipedia,
28 aus Kandlhofer u.a. (2000): Kochen mit bioreaktiven Nahrungsmitteln. In ERNO 1(2) 109-112
38 aus Jäkel, L.; Schrenk, M. (2010) Die Sache lebt. 3. Aufl. Hohengehren: Schneider
61 Wikimedia commons; Shipher Wu (photograph) and Gee-way Lin (aphid provision), National Taiwan University,

Das Chemielabor der Pflanzen:

Gesunde Farben - Vitamine - Sekundäre Pflanzenstoffe (S. 31 - 57)

1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109 Lissy Jäkel
3, 4, 10, 17, 18, 49, 56, 58, 59, 62, 63, 64, 75, 93, 100, 103 Hans-Joachim Lehnert
88, 92, 94 Leo Michels
91, 102 www.unibas.ch/botimage
96 Sten Porse [GFDL (www.gnu.org/copyleft/fdl.html) via Wikimedia Commons, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Aronia-melanocarpa-Aron.JPG>

Gaumenkitzler und Nasenschmeichler – Kräuter und ätherische Öle (S. 58 - 81)

8, 9, 10, 28 Dorothee Benkowitz
2, 7, 18, 19, 24, 34 Karlheinz Köhler
1, 3, 4, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 31, 32, 35, 36, 38, 39, 40 Hans-Joachim Lehnert
5 Rulaman-Schule, Grabenstetten
29 http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Gruene_sosse_verpackt_20080402.jpg&filetimestamp=20080402131335; Autor: Emha; Diese Datei ist unter der Creative Commons-Lizenz Namensnennung 2.0 Deutschland lizenziert.
30 www.unibas.ch/botimage/ (Österreich, Minzensammlung Rachlinger, Fotos: H. Rachlinger)
33 Wikimedia
37 <http://www.ph-heidelberg.de/oekogarten/garten-der-vielfalt/mikroskopie.html> (21.03.2011)

Autorinnen und Autoren

Achim Beule
Ministerium für Kultus, Jugend und Sport
Baden-Württemberg
Koordinierungsstelle Bildung für nachhaltige
Entwicklung
Achim.Beule@km.kv.bwl.de

Prof. Dr. Lissy Jäkel
Pädagogische Hochschule Heidelberg
jaekel@ph-heidelberg.de

Dr. Karlheinz Köhler
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Abteilungen Biologie und Hochschulgarten
koehler@ph-karlsruhe.de

Prof. Dr. Hans-Joachim Lehnert
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Abteilungen Biologie und Hochschulgarten
lehnert@ph-karlsruhe.de



**Bildung für nachhaltige
Entwicklung**

in Baden-Württemberg 

www.dekade-bw.de