empfohlen für
Klassen 8–10

Lissy Jäkel und Ulrike Kiehne

BIOCHEMIE UND HONIGBIENEN

Enzyme verstehen und Wirkungen untersuchen

Biologie, Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund

Klett MINT

BIENEN machen SCHULE
Eine Initiative von Mellifera e. V.

Aurelia
ES LEBE DIE BIENE

LIEBE LEHRERINNEN UND LEHRER,

© Wolfgang Schmidt

Das Projekt „Bienen und Bildung“ erkundet die vielfältigen Bezüge zwischen Bienen und Bildung und denkt frei über Disziplinen hinweg: Autorinnen und Autoren aus der gesamten Bundesrepublik entwickeln **Unterrichtsentwürfe** und **Bildungsprojekte** in den Natur- und Geisteswissenschaften, zusätzlich beschäftigt sich ein **Sachbuch** mit der Frage, was wir aus der alltäglichen Auseinandersetzung mit der Biene über den Kosmos und uns selbst lernen können – all das entsteht aus dem Dialog zwischen Naturwissenschaftlern, Philosophen, MINT- und Sprachlehrern, Waldorf-, Reform- und allgemeinbildenden Pädagogen. Die Akteure dieses Projekts gestatten es sich, Grenzen auszuloten, zu überschreiten und zu durchbrechen, große und kleine Fragen zu stellen – und sich dabei nicht vom festen Glauben abbringen zu lassen, dass die Beschäftigung mit der Biene lehrreich, inspirierend und heilsam zugleich sein kann.

Was ist das Besondere? Bei der unterrichtlichen Beschäftigung mit dem Thema Bienen finden Kinder und Jugendliche einen realen Bezug zur lebendigen Natur und einem rätselhaften Naturwesen, dessen spannende Geheimnisse sie nach und nach erobern können. Sie begreifen und berühren einen außerordentlich komplexen und sinnvollen Lebenszusammenhang, der sie herausfordert, verantwortungsvoll zu handeln und dazu ermutigt, immer wieder neue Fragen zu stellen, ohne endgültige Antworten zu erhalten. Und vielleicht geht es ja gar nicht „nur“ um die Bienen? Es scheint mir an der Zeit, unsere Welt viel stärker – auch im Sinne Alexander von Humboldts – als ein lebendiges Gebilde zu betrachten, in dem alles mit allem zusammenhängt, in dem auch die Geschicke der Bienen und des Menschen aufs Engste miteinander verquickt sind.

Die Autorinnen und Autoren der Unterrichtsmaterialien entwickeln ihre Ideen auf dem Hintergrund imkerlicher und pädagogischer Praxis und werben für einen holistischen Ansatz im Verständnis der Natur.

DOWNLOAD

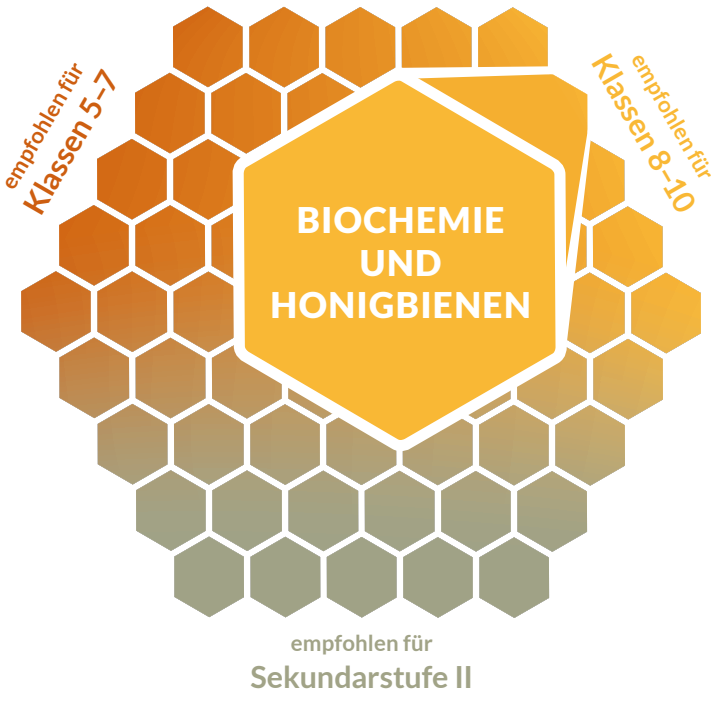
Alle Unterrichtsmaterialien können Sie hier downloaden:
www.mint-zirkel.de/Inspiration-Biene

Einen erfolgreichen Unterricht mit und ohne Bienen wünscht Ihnen herzlichst

Ihr

Thomas Radetzki
Vorstand Aurelia Stiftung

STRUKTUR DER LERNEINHEITEN



Zugunsten einer leichteren Lesbarkeit wird in diesem Heft nicht immer ausdrücklich auch die weibliche Form genannt. Selbstverständlich sind aber immer weibliche und männliche Personen gemeint. Wir bitten für dieses Vorgehen um Ihr Verständnis.

Die Unterrichtsidee auf einen Blick

BIOCHEMIE UND HONIGBIENEN

Enzyme verstehen und Wirkungen untersuchen

Leitfragen:

- **Was sind die Inhaltsstoffe von Honig?**
- **Welche physiologischen Effekte rufen die Enzyme hervor?**
- **Was ist die Syntheseleistungen der Honigbienen?**

Klassen: 8–10
Zeitbedarf: 3 x 45 Minuten
Fächer: Biologie und Chemie, naturwissenschaftlicher Fächerverbund

BEZUG ZUM LEHRPLAN

Biologie: wirbellose Tiere, Enzyme als Biokatalysatoren, optische Eigenschaften von Naturstoffen, Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln, polarisiertes Licht zur Orientierung von Tieren

BEZÜGE ZU WEITEREN FÄCHERN

Chemie: Kohlenhydrate, organische Stoffe, Wirkungsweise von Katalysatoren
Technik: technische Anwendungen von Polarisationsfiltern
Physik: Optik, Lichtbrechung, Eigenschaften von Licht

KOMPETENZEN

- In dieser Unterrichtssequenz erwerben die Schüler Kenntnisse zu Inhaltsstoffen von Honig, die zum Teil den Honigbienen selbst, zum Teil den Trachtpflanzen und zum Teil biochemische Reaktionen der Honigreifung entstammen.
- Schüler entwickeln Bewertungskompetenz für die Wirkung von Honig im Stoffwechsel des Menschen. Sie erkennen, dass Enzyme physiologische Effekte hervorrufen. Sie entwickeln Präsentationskompetenz.
- Sie erkennen die Syntheseleistungen der Honigbienen (Enzyme).
- Sie festigen ihr naturwissenschaftliches Grundverständnis und sind so weniger anfällig für unsachliche Werbung.
- Im praktischen Unterrichtsteil planen, organisieren und reflektieren die Schüler Arbeitsabläufe der Lebensmittelproduktion anhand des konzeptuellen Verständnisses von Enzymwirkungen. Sie beachten bei der Nahrungszubereitung und Verkostung Sicherheitsaspekte und nutzen Gerätschaften und Fachraumeinrichtungen sachgerecht. Zudem planen und reflektieren sie ihre Arbeit als Team.
- Sie entwickeln Kenntnisse der Lebensweise von Honigbienen in bisher ungewohnten Zusammenhängen.

MATERIALLISTE

Bienen sind für diese Unterrichtssequenz nicht notwendig.

- Etwa fünf unterschiedliche Honigsorten unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Trachtpflanzen, Holzspatel oder Löffel, kleine Schüsseln oder Schälchen, Schneebesen
- Puddingpulver (80 g), Milch (1 l)
- Herd mit Kochplatte, passende qualitativ hochwertige Töpfe (damit die Milch nicht am Topfboden anbrennt)
- Ggf. Analysen der Zusammensetzung von Honig bzw. gesetzliche Vorschriften der Kennzeichnung von Honig
- Ggf. Polarisationsfilter, Zuckerlösungen, Infotexte zur Polarisation von Licht, Infotexte zu biologischen Eigenschaften von Racematen bzw. rechts- oder linksdrehenden Naturstoffen

Weitere Informationen finden Sie im Begleitbuch **„Inspiration Biene“**

ZUR SACHE

HONIG

Honig ist ein von Honigbienen zur eigenen Nahrungsvorsorge erzeugtes und vom Menschen genutztes Lebensmittel aus dem Nektar von Blüten oder den zuckerhaltigen Ausscheidungsprodukten verschiedener Insekten, dem sogenannten Honigtau. Etwas drastisch könnte man formulieren: Honig ist ein mehrfach von Honigbienen erbrochener Zuckersaft, dessen chemische und physikalische Zusammensetzung sich gegenüber dem Nektar verändert hat.

Vom Pflanzensaft zum Honig

Die Pflanze stellt Zucker über die Fotosynthese her. Die Haupttransportform der gebildeten Kohlenhydrate ist Saccharose. Saccharose findet sich gelöst in den Siebröhren, also Teilen der Leitbündel der Gefäßpflanzen. Saccharose ist ein Disaccharid aus Glukose und Fruktose. Blattläuse sind in der Lage, einzelne Siebröhren anzustechen und daraus Saft zu saugen. Enthaltene Aminosäuren werden von den Blattläusen fast vollständig genutzt, der überschüssige Zucker wird als Honigtau von ihnen ausgeschieden und zum Teil von Honigbienen genutzt (z. B. Tannenhonig). Eine zweite Variante, an gelöste Saccharose zu kommen, ergibt sich durch Blütennektar. Die Blütenpflanzen setzen den Nektar ein, um Bestäuber anzulocken.

Dem Nektar werden im Kopf der Honigbienen Enzyme zugesetzt. Diese stammen aus der sogenannten Futterdrüse (auch Hypopharyngealdrüse genannt). Die Futtersaftdrüsen sind bei der Honigbiene paarig im Kopf angelegt. Das Sekret der Drüsen wird direkt in den Mund der Biene abgegeben. Mit dem Sekret der Futterdrüsen füttern die Ammenbienen die junge Brut und die Königin. Bei älteren Bienen produzieren die Futtersaftdrüsen Enzyme, die der Zuckerverdauung und Honigbereitung dienen. Mit diesen Enzymen versetzter Zuckersaft wird in die Honigblase transportiert, dort wirken die Enzyme weiter – es werden aber keine anderen Enzyme mehr zugesetzt. Am Kopf der Honigbiene befinden sich weitere Drüsen, wie die Mandibel- (sie produzieren u. a. Enzyme zur Wachsbearbeitung) sowie Speicheldrüsen (sie weichen feste Nahrung auf). Diese beiden Drüsen geben jedoch keine Enzyme für die Zuckerverdauung ab. Manchmal wird die Honigblase „sozialer Magen“ oder „Honigmagen“ genannt. Aber ein Magen ist dieser sehr dehnbare Darmabschnitt nicht, da von ihm keinerlei Sekrete ausgeschieden werden.

LINKTIPP

Fachkunde: Honigblase
www.die-honigmacher.de/kurs3/seite_15206.html

Ein schönes historisches Beispiel für die Aufklärung der Honigbildung liefert Albertus Magnus, ein Gelehrter des Mittelalters. Er gab nicht nur Gelesenes aus alten Schriften weiter, sondern forschte selbst. Er ist damit ein Begründer der erfahrungsorientierten Naturwissenschaft. Zur Honigbiene ist von ihm folgendes Zitat überliefert (Popp, Steib 2003):

> *„Ich habe aber die Anatomie der Bienen in ihren einzelnen Körperabschnitten erforscht. Dabei findet sich im Hinterleib, der auf die Einschnürung folgt, eine helle Blase. Wenn man sie öffnet und kostet, enthält sie eine Flüssigkeit, die nach feinstem Honig schmeckt.“*

Ist der Honigmagen gefüllt, fliegt die Biene zurück zum Stock. Dort wird sie von einer Lagerarbeiterin erwartet, die ihr den Nektar abnimmt. Die Lagerarbeiterin bringt den Nektar in den Honigraum und lagert ihn dort in den Honigzellen ab. Er wird immer mal wieder umhergetragen. Durch mehrfaches Weitergeben des Nektars zwischen den Lagerarbeiterinnen werden jedes Mal weitere Zusatzstoffe aus den Futtersaftdrüsen an den Nektar abgegeben. Zusätzlich zu den ablaufenden chemischen Umwandlungen, der Spaltung von Mehrfachzuckern, verändert sich der Zuckersaft auch physikalisch. Durch Verdunstung von Wasser sinkt der Wassergehalt unter 18 Prozent. Auch durch Flügelschlagen verdunstet Wasser.

SCHON GEWUSST?

Für den Zucker Glukose gibt es mehrere Synonyme: Traubenzucker, Dextrose, Blutzucker. Der alte Name Dextrose leitet sich von dexter = rechts ab und bezieht sich auf die optische Aktivität dieses Zuckers. Fruktose dagegen wird auch Laevulose genannt. Auch hier steckt die Drehrichtung des polarisierten Lichtes im Namen, denn laevus = links.

ENZYM Nr. 1

Welche Enzyme katalysieren chemische Reaktionen im Zuckersaft?

Würde man die Saccharose chemisch in die zwei Monosaccharide spalten wollen, wären hohe Temperaturen erforderlich sowie ein saures Milieu. Dies macht man bei der Herstellung von Kunsthonig durch hydrolytische Spaltung über langes Kochen. Die Bienen spalten das Disaccharid Saccharose aber bei Körpertemperatur. Also muss ein Trick angewandt werden. Dieser Trick sind Enzyme. Enzyme sind Biokatalysatoren. Sie setzen, wie alle Katalysatoren, die Aktivierungsenergie für eine chemische Reaktion herab, gehen aber nicht in das Reaktionsprodukt selbst ein. Die Spaltung der Saccharose erfolgt durch das Enzym Saccharase.

Optische Aktivität und Polarisation

Unser Alltag ist von Polarisationsfiltern durchdrungen. Polarisationsfilter wirken wie ein Gitter mit ganz engen Spalten, sie lassen zwar Licht hindurch, zwingen es aber in eine einzige Schwingungsrichtung. So entsteht linear „polarisiertes Licht“. Selbst Vögel können sich daran orientieren, auch zum Sonnenschutz durch Brillen oder Fensterbeschichtungen wird Polarisation benutzt.

Wenn durchsichtige Stoffe dabei die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichts etwas zur Seite drehen, nennt man sie „optisch aktiv“. Die optische Aktivität ist eine Eigenschaft durchsichtiger Materialien, wie Zuckerlösungen, Milchsäure o. a. organischer Stoffe.

Beim Durchgang von linear polarisiertem Licht durch ein optisch aktives Medium wird die Schwingungsebene des Lichts an jedem Molekül ein wenig gedreht. Man unterscheidet zwischen rechts- und linksdrehenden Substanzen. Auch Zucker sind optisch aktiv. Sie drehen die Ebene von linear polarisiertem Licht in einem bestimmten Winkel, nach rechts oder links. Sie sind also rechts- oder linksdrehend. Wenn sich die Drehrichtung ändert, spricht man von einer Inversion. Genau das macht die Saccharase: Die Zucker vor der Reaktion haben eine andere Drehrichtung als nach der Spaltung. Daher heißt die Saccharase auch Invertase. Durch die Wirkung der Invertase aus dem Bienenkörper entstehen aus der Saccharose Gemische von Einfachzuckern, deren Drehrichtung polarisierten Lichts invers zu dem vorherigen Zucker ist. Die Enzymaktivität ist ein Anzeiger der Frische des Honigs.

Messbar ist die optische Aktivität mittels eines Polarimeters. Aus dem gemessenen Drehwinkel lässt sich mit einer Formel die Konzentration einer Lösung errechnen, das findet besonders in der Zuckerverarbeitung Anwendung (Saccharimetrie).

Einige historische Bezeichnungen sind auf diese praktische Anwendung zurückzuführen: Dextrose (lateinisch dexter ‚rechts‘) ist ein historischer Name der Glucose, die rechtsdrehend ist. Invertzucker ist ein Gemisch aus Glucose und Fructose, das bei der Spaltung von Saccharose entsteht. Dabei wird die Drehrichtung von rechts nach links invertiert, der neue Drehwinkel ist die Summe der Drehwinkel der in fast gleicher Konzentration vorliegenden Glucose und Fructose.

Die Zuckerkonzentration bei Honig wird in der Regel mit einem Refraktometer ermittelt, hier spielt ebenfalls Licht eine Rolle. Die Lichtbrechung nach Brix wird benutzt, um den Zucker- bzw. Wassergehalt möglichst genau zu messen.

© Lissy Jäkel

Mit einem Refraktometer kann man den Wasser- bzw. Zuckergehalt durch Lichtbrechung bestimmen

ENZYM Nr. 2

Warum sind manche Honigsorten fester als andere?

Honig besteht zwar vorrangig aus Glukose und Fructose, enthält aber bis zu 30 verschiedene Zuckerarten, einige davon sind Mehrfachzucker wie Erlose und Melezitose. Diese beeinflussen das Kristallisationsverhalten, neben dem Glukose-Fruktose-Verhältnis selbst. Damit aus den kurzkettigen Zuckern nicht erneut längerkettige entstehen, enthält der Honig das Enzym Amylase. Wir kennen dieses aus dem menschlichen Mundspeichel oder dem Dünndarm bzw. aus der Mälzerei und Brauerei. Zwar kann man große Kristalle von Zuckern im Honig mechanisch durch Rühren zerkleinern, aber manche

Honigsorten bleiben sowieso flüssig (Robinie beispielsweise oder Klebsame).

ENZYM Nr. 3

Ist Honig gesund?

Diese Frage kann kaum nur mit Ja oder Nein beantwortet werden.

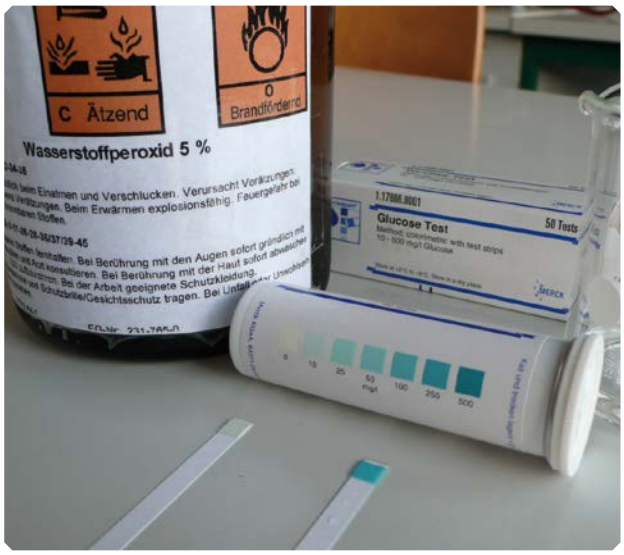
Die klebrigen Zucker des Honigs können direkt an den Zähnen Karies stark fördern, bei Honigverzehr ist daher eine solide Zahnpflege sehr wichtig. Außerdem ist Zucker ein energiereiches Lebensmittel.

Die Gesundheitswirkung von Honig kann eigentlich auch auf ein Enzym zurückgeführt werden: die Glukoseoxidase. Sie wandelt kontinuierlich geringste Mengen der zahlreich vorhandenen Glukose in Wasserstoffperoxid und Glukonsäure um. Das Wasserstoffperoxid H_2O_2 desinfiziert, die Glukonsäure senkt zudem den pH-Wert, auch das wirkt keimhemmend.

Glukoseoxidase ist eines der am häufigsten in der Laborpraxis eingesetzten Enzyme. Nicht nur Honigbienen können Glukoseoxidase herstellen, sondern auch manche Bakterien, Pilze oder Tiere. Wegen des häufigen Gebrauchs wird dieses Enzym in der Regel durch das Kürzel GOD gekennzeichnet. Die GOD ist auch ein Hauptbestandteil von Glukoseteststreifen. Solche für Blut- oder Harnuntersuchungen kennen nicht nur Diabetiker, sie sind normalerweise auch in jeder Schulsammlung zu finden und dienen einem einfachen Zuckernachweis reduzierender Monosaccharide wie Glukose.

Wie funktioniert so ein Teststreifen: Glukoseoxidase setzt Glukose zu Wasserstoffperoxid (und Glukonsäure) um. Das Wasserstoffperoxid ist Substrat eines weiteren Enzyms: der Peroxidase (HRP). Dieses Peroxid wandelt einen farblosen Stoff in einen blauen Farbstoff um – der Teststreifen verfärbt sich. Selbstverständlich kann man auch mit diesen Teststreifen die Glukose im Honig nachweisen. Dazu muss man aber eine starke Verdünnung herstellen, genau abmessen und den Messwert dann mit der Verdünnung verrechnen. H_2O_2 selbst verfärbt Glukoseteststreifen ebenfalls.

Ist Honig mehrere Jahre alt, kann er nicht mehr als gesund bezeichnet werden. Die Enzymaktivität ist erloschen. GOD ist lichtempfindlich und altert innerhalb von etwa zwei Jahren.



© Lissy Jäkel

Wasserstoffperoxid oder Glukoselösung verfärben Glukoseteststreifen

LITERATURTIPPS

Ministerium für Kultur, Jugend und Sport des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009). *Komm in Form am Lernort Schulgarten*, 2 Bände. Stuttgart.

Popp, R. & Steib, B. (2003). Albertus Magnus – der große Neugierige. *Spektrum 11*.

LINKTIPPS

Polarisation durch ein optisch aktives Medium
www.docplayer.org/13446606-Physikalisches-praktikum-i-polarisation-durch-ein-optisch-aktives-medium.html

Optische Aktivität
www.serlo.org/chemie/stoffe/stoffeigenschaften/optische-aktivitaet

ZUM UNTERRICHT – DER VERLAUF IM ÜBERBLICK

Einführung/ Problemstellung im Plenum 15 Minuten	Ist Honig gesund? Zusammensetzung von Honig	Brainstorming, Hypothesenbildung, Formulierung von Vermutungen, ▸ **Folie 1** zur Zusammensetzung von Honig
Arbeit am Stoff in Arbeitsgruppen 10 Minuten	Planung experimenteller Ansätze zu folgenden Problemfragen: ● Schmecken Honigsorten unterschiedlicher Trachtpflanzen gleich? Sind Effekte einzelner Pflanzen nachweisbar? ● Hat älterer Honig gleiche Effekte wie frischer? Kann man Pudding mit Honig süßen?	▸ **AB 1**
Plenum 15 Minuten	Absprachen über Umsetzung der Planungen: ● Honigverkostung zur Prüfung unterschiedlicher Trachtpflanzen ● Kann man Pudding mit Honig süßen?	▸ **AB 1**
Gruppenarbeit 30 Minuten, Gruppenwechsel möglich nach 15 Minuten	● Honigverkostung zur Prüfung unterschiedlicher Trachtpflanzen ● Experiment zu Pudding mit frischem, altem Honig bzw. Saccharose	Fünf verschiedene Honige, Holzspateln oder Löffel zur Verkostung, Milch, Puddingpulver, Töpfe, Schälchen, Heizplatten, Saccharose, alter Honig, frischer Honig
Unterrichtsgespräch 30 Minuten	Zusammensetzung von Honig und Wirkung der Inhaltsstoffe reflektieren: ● Lehrervortrag über pflanzliche Inhibine Wiederholung von Grundlagen der Enzymwirkungen am Beispiel der GOD ● Was entsteht aus Glukose durch Wirkung der Glukoseoxidase? ● Lehrervortrag: Wie funktioniert ein Glukosetestreifen am Beispiel der GOD und mit dem Zwischenprodukt H_2O_2? Zusammenfassung der drei Enzyme im Honig (Saccharase, GOD, Amylase) und von deren Wirkungen Zusammenfassung über Hemmung von Enzymen allgemein und bei Honiglagerung	▸ **Folie 1** über Zusammensetzung von Honig Schema der Enzymwirkung, Protokolle der Experimente (▸ **AB 1**) Schemabild vom Bau der Honigbiene (▸ **AB 2**)
Puffer 30 Minuten	Untersuchung von polarisiertem Licht und optischen Eigenschaften von Zuckern, Rollenspiel zum polarisierten Licht	▸ **AB 3** zu optischen Eigenschaften von organischen Stoffen und Polarisationsfiltern

ERLÄUTERUNGEN DES UNTERRICHTSVERLAUFS

Zu Beginn wird die Frage aufgeworfen, ob Honig eigentlich gesund ist. Die **Folie 1** mit der Zusammensetzung von Honig wird vorgestellt. Es wird offenbar, dass der Honig vor allem Zucker enthält, aber keine nennenswerten Vitamine. Der Schwerpunkt wird nun auf die Enzyme gelegt. Diese übergreifende Problemstellung dient zum Sammeln von Vorkenntnissen und Meinungen. Es wird geklärt, dass Glukose und Fruktose im Honig durch die Enzymwirkung der Saccharase entstanden sind, welche die Honigbienen aus den Futterdrüsen dem Nektar zusetzen (Enzym 1).

Dann erst wird beraten, wie die Wirkung des Honigs experimentell geprüft werden könnte. Im Sinne problemorientierten Arbeitens führt die Lehrkraft das Unterrichtsgespräch zu Sachinformationen der Bienenforschung, welche die Gesundheitswirkung einerseits auf Enzymwirkungen, andererseits auf pflanzliche Inhibine zurückführen (Schweizer Bienenforschungsinstitut). Osmotisches Milieu (hoher Zuckergehalt entzieht Mikroorganismen das lebenswichtige Wasser) und pH-Wert (Säure verhindert das „Wohlfühlen“ von Mikroorganismen ebenfalls) spielen auch eine Rolle.

Die Schüler entwickeln in Arbeitsgruppen Vorschläge, wie die Enzymaktivität und die Sortenabhängigkeit der Inhaltsstoffe geprüft werden könnten. Die Lehrkraft gibt ggf. Tipps in Richtung Amylase (Enzym 2) und Alter des Honigs. Am Beispiel von Pudding kann geprüft werden, ob Honig Amylase enthält.

Zweitens soll diskutiert werden, wie man die Rolle der Trachtpflanzen überprüfen könnte. Kann man die Herkunft des Honigs am Geschmack unterscheiden? Die Schüler benutzen das **Arbeitsblatt 1**, um vor den praktischen Durchführungen ihre Vermutungen zu notieren.

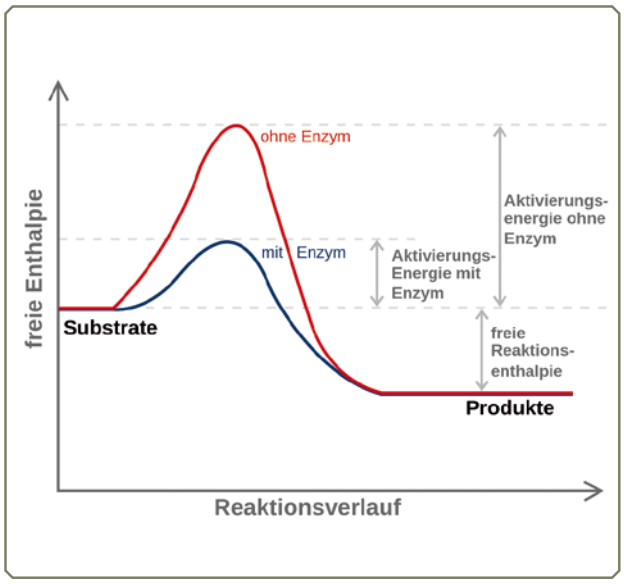
Nach einer gemeinsamen Absprache zu Platzaufteilung und Ablauf werden Arbeitsgruppen gebildet, die nun selbständig experimentell arbeiten. Dabei werden Beobachtungen protokolliert. Nun werden die Ergebnisse im Plenum mit Blick auf die Vorhersagen überprüft.

Es wird deutlich, dass frischer Honig einen warmen Pudding mit der Zeit (etwa ½ Stunde) wieder verflüssigt. Die Amylase baut die Stärke ab. Mit über zwei Jahre altem Honig gelingt dies nicht. Auch ein Mitkochen des Honigs zerstört die Wirkung der Enzyme. Die Enzymkinetik wird im Unterrichtsgespräch wiederholt. Hemmung von Enzymen durch Säure, Hitze, Schwermetallionen u. a. (allosterische und kompetitive Hemmung) können wiederholt werden. Honig sollte also nicht gekocht werden, sonst sind die Enzyme inaktiviert. Anhand des **Arbeitsblattes 2** vertiefen die Schüler das Thema Drüsen der Honigbiene.

Die Glukoseoxidase GOD (Enzym 3) als weiteres auch im Honig und in Glukoseteststreifen befindliches Enzym wird erläutert. Der Glukosegehalt des Honigs wird über eine Verdünnungsreihe mit Teststreifen ermittelt.

Es wird zusammengefasst, dass der reife frische Honig drei wesentliche Enzyme enthält:

- Saccharase = Invertase (spaltet Saccharose in Glukose und Fruktose bei der Honigbildung)
- Amylase (verhindert Bildung längerkettiger Kohlenhydrate)
- Glukoseoxidase (bildet H_2O_2 und Glukonsäure, darauf beruht die Gesundheitswirkung)



© Matthias M / CC BY SA 3.0

Allgemeines Schema einer enzymatischen Reaktion

Abschließend werden Merkmale der Konservierung bei Lebensmitteln zusammengefasst (pH-Wert, osmotisches Potenzial, das Mikroorganismen das lebenswichtige Wasser entzieht, Bildung von desinfizierendem H_2O_2 durch GOD, ggf. pflanzliche Inhibine) und mit anderen Lebensmittel verglichen (saure Gurken, süße Marmelade, Trockenfrüchte …). Es wird diskutiert, wie und wie lange man Honig lagert und wozu man ihn verzehrt. Auf Zahnhygiene wird deutlich hingewiesen.

Folie 1

ZUSAMMENSETZUNG VON HONIG

nach Informationen des Schweizer Bienenforschungsinstitutes

INHALTSSTOFFE DES HONIGS

Inhaltsstoff	Herkunft	Anteil im Honig
Wasser	Pflanze	15–18 %, durchschnittlich 17,2 %
Glucose (Einfachzucker)	Pflanze und Honigbiene	25–35 %, durchschnittlich etwa 31 %
Fructose (Einfachzucker)	Pflanze und Honigbiene	32–42 %, durchschnittlich etwa 38 %
Saccharose (Zweifachzucker)	Pflanze	0–2 %
Maltose (Zweifachzucker)	Biene	2–8 %
Melezitose (Dreifachzucker aus Saccharose und Fructose, kommt nur in manchen Honigsorten vor)	Honigtaublattlaus	0–20 %
Erlose (Dreifachzucker aus Saccharose und Glucose, Kristallisationshemmer)	Biene und Blattlaus	0–6 %
Enzyme u. a. Wirkstoffe gesamt	Biene und Pflanze	2 %
Saccharase	Honigbiene	20–200 U pro kg (Wirkeinheiten*)
Glucoseoxidase (GOD)	Honigbiene	10–300 U pro kg
Phosphatase	Biene und Blütenpollen	7–40 U pro kg
Amylase	Biene	
Aminosäuren gesamt	Pflanze und Biene	200 mg–2 g pro kg
Organische Säuren gesamt	Pflanze und Biene	300–600 mg pro kg
Aromastoffe, Farbstoffe, Lipide	Pflanze und Biene	
Riboflavin (Vitamin B 2)	Pflanze und Biene	0,2–0,6 mg pro kg
Ascorbinsäure (Vitamin C)	Pflanze und Biene	22 mg pro kg
Mineralstoffe, vor allem Kaliumsalze	Pflanze	0,2–1 %
Wasserstoffperoxid		abnehmend mit dem Alter

* Die Mengenangaben der Enzyme sind so gering, dass hier nicht in mg, sondern in Wirkeinheiten quantifiziert wird.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

Arbeitsblatt 1

WIE ALT IST DER HONIG?

Pudding mit Honig zubereiten

Hat das Alter des Honigs einen Einfluss auf die Gesundheitswirkung?

Da Enzyme im Honig wesentlich für die Gesundheitswirkung sind, soll untersucht werden, ob Honig altert oder zeitlos frisch bleibt. Exemplarisch soll die Alterung der Amylase untersucht werden.

Dazu wird ein Pudding (80 Gramm Maisstärke, 1 Liter Milch) mit Amylase zubereitet, ohne ihn zunächst zu süßen, und auf mehrere Schälchen verteilt.

Der fertige warme Pudding wird nun gesüßt. Es werden Haushaltszucker (Saccharose), frischer Honig oder zwei Jahre alter Honig zugegeben.

© Lissy Jäkel

Pudding mit verschiedenen Süßungsmitteln

1. Stelle Vermutungen auf, welche Konsistenz der Honig jeweils haben wird.
2. Überprüfe deine Vermutung unmittelbar sowie nach 30 Minuten!

Zuckersorte	**Vermutung**		**Beobachtung**		**Geschmack**
	Konsistenz des Puddings direkt nach dem Einrühren	Konsistenz des Puddings nach 30 Minuten	Konsistenz des Puddings direkt nach dem Einrühren	Konsistenz des Puddings nach 30 Minuten	
Haushaltszucker (Saccharose)					
Frischer Honig					
Zwei Jahre alter Honig					
Weitere Honigsorte					
Ggf. weitere Zucker (Ahornsirup …)					

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

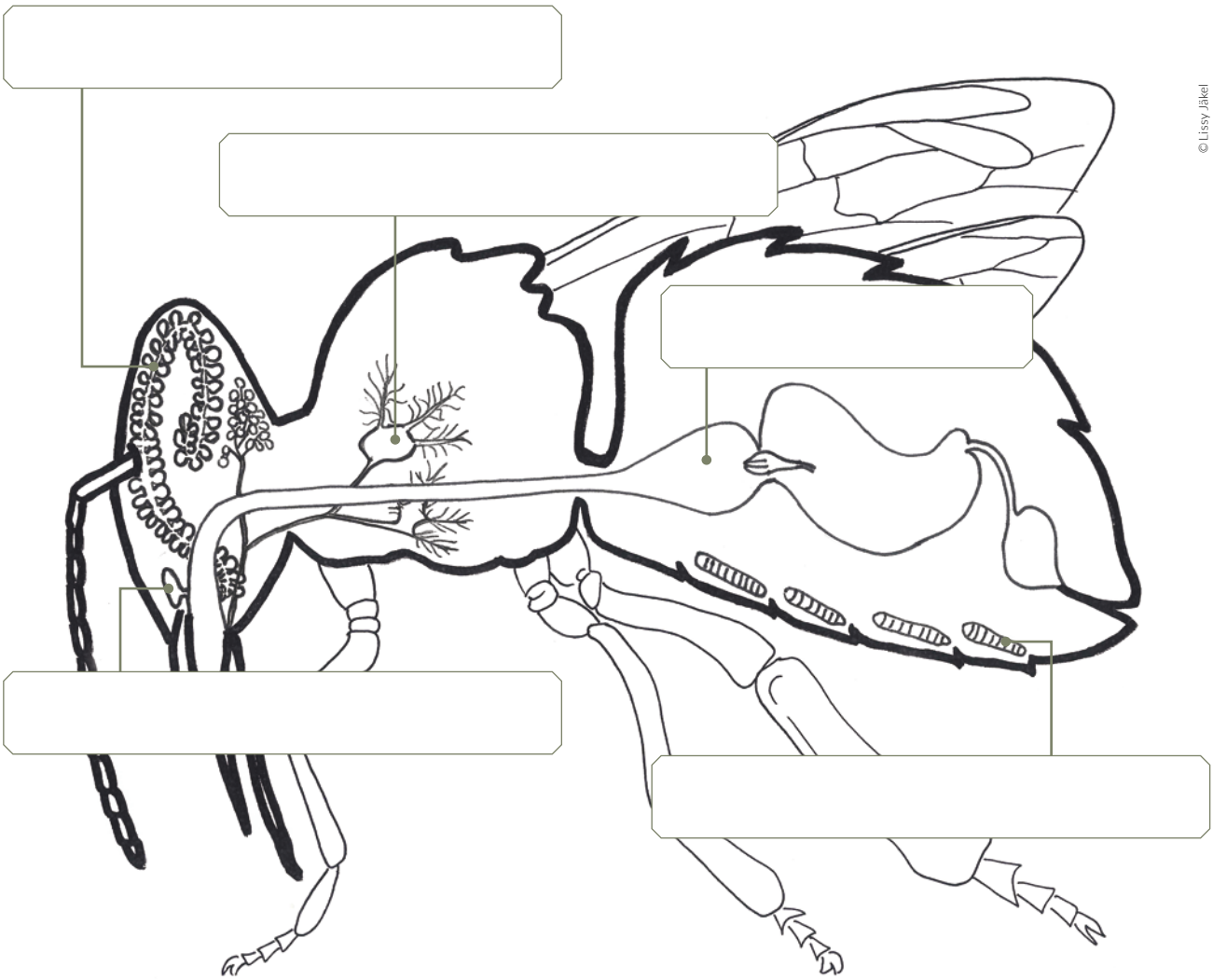
3. Überlege einen biochemischen Test zum Nachweis von Kohlenhydraten, die im „normalen“ Pudding oder im mit Honig gesüßten Pudding nachweisbar sein sollten.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

Arbeitsblatt 2

WELCHE DRÜSEN SIND VERANTWORTLICH?

Markiere in der Abbildung die Drüsen, die für die Enzyme im Honig verantwortlich sind!



© Lissy Jäkel

Abbildung Bienenschema Honigbiene

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

Arbeitsblatt 3

OPTISCHE AKTIVITÄT VON ZUCKER UNTERSUCHEN

Beschaffe dir mehrere Polarisationsfilter aus der Physik-Sammlung!

1. Betrachte Licht durch einen einzelnen oder durch zwei übereinanderliegende Polarisationsfilter! Interpretiere deine Beobachtungen, wenn du die zwei übereinanderliegenden Polarisationsfilter um 90 ° zueinander verdrehst.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Informiere dich über die optischen Eigenschaften organischer Stoffe in Lebensmitteln, insbesondere der Zucker.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zuckersorte	Drehrichtung des polarisierten Lichts

3. Informiere dich über Isomere!

.....

.....

.....

4. Entwickle eine Versuchsanordnung, um die optische Aktivität der Zucker praktisch zu überprüfen!

.....

.....

.....

.....

.....

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

Arbeitsblatt 1

WIE ALT IST DER HONIG?

Pudding mit Honig zubereiten

Hat das Alter des Honigs einen Einfluss auf die Gesundheitswirkung?

Da Enzyme im Honig wesentlich für die Gesundheitswirkung sind, soll untersucht werden, ob Honig altert oder zeitlos frisch bleibt. Exemplarisch soll die Alterung der Amylase untersucht werden.

Dazu wird ein Pudding (80 Gramm Maisstärke, 1 Liter Milch) mit Amylase zubereitet, ohne ihn zunächst zu süßen, und auf mehrere Schälchen verteilt.

Der fertige warme Pudding wird nun gesüßt. Es werden Haushaltszucker (Saccharose), frischer Honig oder zwei Jahre alter Honig zugegeben.

© Lissy Jäkel

Pudding mit verschiedenen Süßungsmitteln

1. Stelle Vermutungen auf, welche Konsistenz der Honig jeweils haben wird.
2. Überprüfe deine Vermutung unmittelbar sowie nach 30 Minuten!

Zuckersorte	Vermutung		Beobachtung		Geschmack
	Konsistenz des Puddings direkt nach dem Einrühren	Konsistenz des Puddings nach 30 Minuten	Konsistenz des Puddings direkt nach dem Einrühren	Konsistenz des Puddings nach 30 Minuten	
Haushaltszucker (Saccharose)			zähflüssig	stichfest	süß
Frischer Honig			zähflüssig	flüssig	sehr süß
Zwei Jahre alter Honig			zähflüssig	ggf. flüssig	sehr süß
Weitere Honigsorte			zähflüssig	flüssig	sehr süß
Ggf. weitere Zucker (Ahornsirup …)			zähflüssig	stichfest	süß

Honig schmeckt in gleicher Dosis etwas süßer als Haushaltszucker, weil Fruktose eine deutlich höhere Süßungsintensität als Saccharose hat. Das kann man prüfen, indem man die Zucker einzeln verkostet und vergleicht.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

3. Überlege einen biochemischen Test zum Nachweis von Kohlenhydraten, die im „normalen" Pudding oder im mit Honig gesüßten Pudding nachweisbar sein sollten.

Reduzierende Zucker können mit der Fehlingprobe nachgewiesen werden. Der Nachweis gelingt für Glukose, auch für Fruktose (die in Glukose umgewandelt werden kann), nicht aber für Saccharose. Auch Laktose zeigt etwas zeitverzögert einen Farbumschlag zu ziegelrot beim Fehlingtest. Milch enthält Laktose.

Bei der Fehlingprobe werden Fehling I und Fehling II (Kupfersulfat und Kalium-Natrium-Tartrat) im gleichen Mengenverhältnis gemischt und zu dem Zucker gegeben. Im Wasserbad wird erhitzt. Es bildet sich zunächst ein tiefblauer Kupferkomplex, dann fällt CuO aus (Kupferoxid ist ziegelrot).

Hinweis: Die Fehlingprobe darf nicht im Lebensmittelraum durchgeführt werden. Es müssen Schutzbrille und Schutzhandschuhe getragen werden. Kupferhaltige Abfälle sind im Sammelbehälter für Schwermetallionen zu entsorgen.

© Als Kopiervorlage freigegeben. Aurelia Stiftung und Klett MINT GmbH

Arbeitsblatt 2

WELCHE DRÜSEN SIND VERANTWORTLICH?

Markiere in der Abbildung die Drüsen, die für die Enzyme im Honig verantwortlich sind!

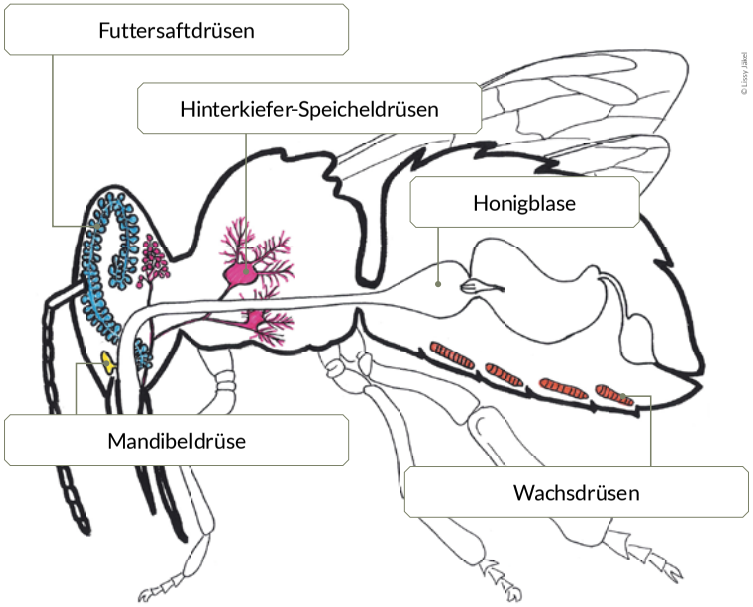


Abbildung Bienenschema Honigbiene

Lösung: Die Enzyme kommen nicht aus dem „Honigmagen", sondern aus der Hypopharyngealdrüse, die auch Futtersaftdrüse genannt wird, da sie bei Ammenbienen der Fütterung der Larven bzw. der Königin dient.

Arbeitsblatt 3

Beschaffe dir mehrere Polarisationsfilter aus der Physik-Sammlung!

OPTISCHE AKTIVITÄT VON ZUCKER UNTERSUCHEN

1. Betrachte Licht durch einen einzelnen oder durch zwei übereinanderliegende Polarisationsfilter! Interpretiere deine Beobachtungen, wenn du die zwei übereinanderliegenden Polarisationsfilter um 90 ° zueinander verdrehst.

Man sieht entweder helles oder kein Licht. Ein Polarisationsfilter lässt nur den Anteil des Lichtes passieren, der parallel zur optischen Achse des Filters schwingt. Alle anderen Anteile absorbiert der Filter. Stehen die optischen Achsen zweier Filter im rechten Winkel zueinander, werden alle Strahlen des Lichts absorbiert. Stehen sie in gleicher Richtung, kann das polarisierte Licht beide Filter passieren.

2. Informiere dich über die optischen Eigenschaften organischer Stoffe in Lebensmitteln, insbesondere der Zucker.

Der Drehwinkel α, den man beim Durchgang von linear polarisiertem Licht durch eine optisch aktive Substanz findet, hängt zunächst von der Substanz selbst ab. Zudem wird er von folgenden Faktoren beeinflusst: Wellenlänge des Lichts, Temperatur der Probe, Anzahl der Moleküle, die vom Licht passiert werden, vom Lösungsmittel, falls es sich um eine Lösung handelt.

Zuckersorte	Drehrichtung des polarisierten Lichts
Glukose	rechtsdrehend
Fruktose	linksdrehend
Saccharose	rechtsdrehend
Invertzucker, gleiche Mengen Fruktose und Glukose	linksdrehend
Maltose	rechtsdrehend

3. Informiere dich über Isomere!

Isomere sind chemische Verbindungen mit unterschiedlichen physik. und chem. Eigenschaften, die aus der gleichen Zahl der gleichen Atome bestehen, sich jedoch in der Art der Verknüpfung bzw. der räumlichen Anordnung der Atome unterscheiden.

4. Entwickle eine Versuchsanordnung, um die optische Aktivität der Zucker praktisch zu überprüfen!

Mit Polarimeter: Verschiedene Zuckerlösungen werden in den Strahlengang eingebracht und die Messwerte zum Drehwinkel verglichen.

Selbstbau: Zwischen zwei Polarisationsfilter bringt man eine Küvette mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. In Abhängigkeit vom Drehwert kommt es zu einer Aufhellung, dies ermöglicht die Messung des Drehwerts.

Autorinnen

LISSY JÄKEL

ULRIKE KIEHNE

© privat

Prof. Dr. Lissy Jäkel

© privat

Dr. Ulrike Kiehne

Dr. Lissy Jäkel ist Professorin für Biologie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Sie leitet den Ökogarten Heidelberg, einen ausgezeichneten Lernort der BNE und der Erhaltung der biologischen Vielfalt.

Dr. Ulrike Kiehne führt ebenfalls Lehrveranstaltungen mit Studierenden und Schulklassen im Ökogarten durch.

In verschiedenen Projekten und Seminaren werden Lehramtsstudierende in dem 5.800 Quadratmetern großen Ökogarten und an anderen Outdoor-Lernorten auf die Arbeit mit Kindern in der Natur vorbereitet.

Durch die Kooperation mit mehreren Imkern, welche die biologische Vielfalt in unserem Garten schätzen und ihre Völker hier halten, haben die Studierenden die Gelegenheit Imkerkurse zu belegen und auch ihre eigenen Völker zu halten. Im Sommer wird ein Schaubienenstock gezeigt sowie Nisthilfen für Wildbienen gebaut.

Jährlich besuchen uns und unsere Bienen mehr als 800 Kinder und Hunderte Erwachsene.

> *„Die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist uns ein wichtiges Anliegen. Wir möchten die Lebensgrundlagen auf unserem Planeten erhalten und dabei nicht nur global denken, sondern auch vor Ort vernünftig handeln.“*

LINKTIPP

Homepage des Ökogartens:
www.ph-heidelberg.de/oekogarten/aktuelles.html

IMPRESSUM

1. Auflage Februar 2019

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis §52a UrhG: Weder das Werk, noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Auf verschiedenen Seiten dieses Heftes befinden sich Verweise (Links) auf Internetadressen. Haftungsnotiz: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Seiten treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail (p.woehner@klett-mint.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit bei Nachdruck der Nachweis gelöscht wird.

Redaktion und Autorenkoordination: Frank Haß, Kirchberg, und Jörg Schmidt, Andernach
Projektkoordination und Herstellung: Petra Wöhner, Klett MINT GmbH
Satz: Tanja Bregulla, Aachen

Eine Zusammenarbeit der Aurelia Stiftung und der Klett MINT GmbH
© Aurelia Stiftung, Berlin, und Klett MINT GmbH, Stuttgart