

# Einleitung

## Kompetenzen und Anforderungsbereiche

Sowohl die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wie auch die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung sehen neben dem Fachwissen weitere Kompetenzbereiche vor, die das Fach Biologie vermitteln soll.

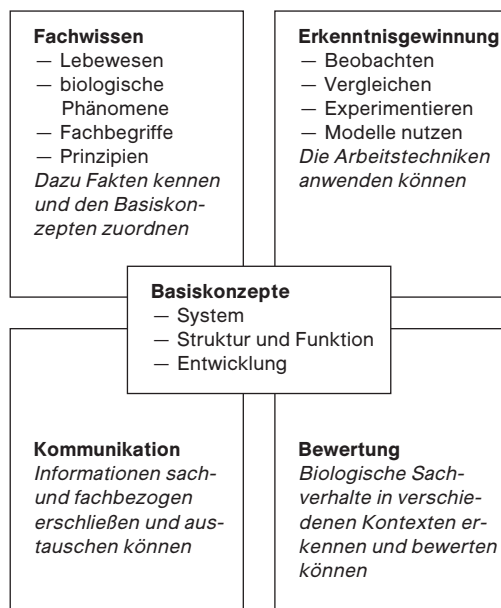
### Kompetenzbereiche

„Unter Kompetenzen versteht man die verfügbaren oder erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen Bereitschaften und Fähigkeiten, Problemlösungen verantwortungsvoll zu nutzen. Kompetenz ist nach diesem Verständnis eine Disposition, die Personen befähigt, konkrete Anforderungssituationen zu bewältigen. In der Abiturprüfung werden biologische sowie naturwissenschaftliche und allgemeine Kompetenzen verlangt. Sie werden den Kompetenzbereichen Fachkenntnisse, Methoden, Kommunikation und Reflexion zugeordnet und sind als solche wesentlicher Bestandteil der Prüfung“ (EPA-Biologie, S. 5).

Den prozessbezogenen Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung aus der Sekundarstufe I entsprechen in den Kernlehrplänen für die Oberstufe die Kompetenzbereiche Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Obwohl die Basiskonzepte primär dem Bereich Fachwissen zugeordnet werden (Inhaltsdimension), bezieht sich die Arbeit mit ihnen natürlich auch auf die prozessbezogenen Kompetenzen.

### Anforderungsbereiche

Die drei Anforderungsbereiche beziehen sich auf die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) und den Kernlehrplan. Sie unterscheiden vor allem nach dem Grad der



1 Kompetenzbereiche und Basiskonzepte

Selbstständigkeit und dem der Komplexität der gedanklichen Verarbeitungsprozesse. Insofern beschreiben sie die Abstufung der Anforderung durch die Aufgabe.

- **Anforderungsbereich I** umfasst dabei das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnis-sicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.
- **Anforderungsbereich II** umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.
- **Anforderungsbereich III** umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

(aus dem Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasien und Gesamtschule in NRW Biologie, S. 52 f.).

### Fächerübergreifende Inhalte

Die zunehmende „Output-Orientierung“ der Lehrpläne erfordert nicht nur eine horizontale oder vertikale Vernetzung der Themen innerhalb des Faches Biologie mit dem entsprechenden Kompetenzerwerb, sondern auch den „Blick über den Tellerrand“. Unsere Schüler von heute sollen später immer dort, wo biologisches Verständnis und problemlösendes Denken gefordert ist, engagiert, verantwortungsbewusst und sachbezogen entscheiden können. Zur Vorbereitung könnten fächerübergreifende Aspekte dienen. Mögliche Ansatzpunkte dazu sind ethische Probleme, der Umgang mit der Umwelt, die Folgen gentechnischer Experimente oder neuer biotechnologischer Verfahren, wie z. B.:

- Dürfen Menschen Menschen klonen? Dazu bietet sich ein Projekt „Gen-Ethik“ zusammen mit einem Ethikkurs an.
- „Wir sind dabei, die Erde in eine riesige menschliche Futterkrippe zu verwandeln“ (Spektrum d. Wiss., Heft 8/2002, S. 42). Projekt zusammen mit Gemeinschaftskunde- oder Deutschkurs.

# Kompetenzerwartungen

<b>Umgang mit Fachwissen</b>	Schülerinnen und Schüler können ...
UF1 Wiedergabe	ausgewählte biologische Phänomene und Konzepte beschreiben.
UF2 Auswahl	biologische Konzepte zur Lösung von Problemen in eingegrenzten Bereichen auswählen und dabei Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden.
UF3 Systematisierung	die Einordnung biologischer Sachverhalte und Erkenntnisse in gegebene fachliche Strukturen begründen.
UF4 Vernetzung	bestehendes Wissen aufgrund neuer biologischer Erfahrungen und Erkenntnisse modifizieren und reorganisieren.
<b>Erkenntnisgewinnung</b>	
E1 Probleme und Fragestellungen	in vorgegebenen Situationen biologische Probleme beschreiben, in Teilprobleme zerlegen und dazu biologische Fragestellungen formulieren.
E2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitet beobachten und messen sowie gewonnene Ergebnisse objektiv und frei von eigenen Deutungen beschreiben.
E3 Hypothesen	zur Klärung biologischer Fragestellungen Hypothesen formulieren und Möglichkeiten zu ihrer Überprüfung angeben.
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente und Untersuchungen zielgerichtet nach dem Prinzip der Variablenkontrolle unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften planen und durchführen und dabei mögliche Fehlerquellen reflektieren.
E5 Auswertung	Daten bezüglich einer Fragestellung interpretieren, daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge ableiten und diese fachlich angemessen beschreiben.
E6 Modelle	Modelle zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage biologischer Vorgänge begründet auswählen und deren Grenzen und Gültigkeitsbereiche angeben.
E7 Arbeits- und Denkweisen	an ausgewählten Beispielen die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit biologischer Modelle und Theorien beschreiben.
<b>Kommunikation</b>	
K1 Dokumentation	Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten strukturiert dokumentieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.
K2 Recherche	in vorgegebenen Zusammenhängen kriteriengeleitet biologisch technische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten.
K3 Präsentation	biologische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.
K4 Argumentation	biologische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.
<b>Bewertung</b>	
B1 Kriterien	bei der Bewertung von Sachverhalten in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen fachliche, gesellschaftliche und moralische Bewertungskriterien angeben.
B2 Entscheidungen	in Situationen mit mehreren Handlungsoptionen Entscheidungsmöglichkeiten kriteriengeleitet abwägen, gewichten und einen begründeten Standpunkt beziehen.
B3 Werte und Normen	in bekannten Zusammenhängen ethische Konflikte bei Auseinandersetzungen mit biologischen Fragestellungen sowie mögliche Lösungen darstellen.
B4 Möglichkeiten und Grenzen	Möglichkeiten und Grenzen biologischer Problemlösungen und Sichtweisen mit Bezug auf die Zielsetzungen der Naturwissenschaften darstellen.

# Aufgabenstellungen mit Operatoren

## Z Operatoren statt W-Fragen

Die klassischen W-Fragen wurden in den letzten Jahrzehnten durch Operatoren abgelöst. Die Aufgaben der zentralen Abiturklausuren am Ende der Oberstufe müssen unter Verwendung von Operatoren gestellt werden. Die Lernenden sollten daher im Unterricht die Gelegenheit haben, das Arbeiten mit den Operatoren zu üben. Während einige Operatoren in der Sekundarstufe I noch vereinfacht wurden, empfiehlt es sich, in der Oberstufe die in den Abiturklausuren verwendeten Operatoren einzuführen. Hierzu kann den Lernenden auch Liste der Operatoren ausgehändigt werden (s. Seite 9).

Die Arbeit mit Operatoren ist für die Lernenden nicht nur im Bezug auf die Abiturprüfungen sinnvoll, sondern auch hinsichtlich ihres weiteren Bildungsweges. Die Operatoren können einzelnen Schritten des wissenschaftlichen Arbeitens, wenigstens näherungsweise, entsprechen.

Operatoren können ferner den verschiedenen Anforderungsbereichen und Kompetenzen zugeordnet werden. Beispielsweise sollen die Lernenden die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit biologischer Modelle beschreiben können (Kompetenzerwartungen Erkenntnisgewinn E7 des Kernlehrplans). Dies kann nur an konkreten Beispielen wie etwa dem Aufbau der Biomembran überprüft werden. Hier können die Lernenden beobachtbares mit Modellen *erklären*, die unterschiedlichen Modelle *vergleichen* und deren Entwicklung *darstellen*. Die Zuordnung zu Anforderungsbereichen ist bei Operatoren einfacher als bei W-Fragen, da Operatoren spezifischer sind. Trotzdem ergibt sich die Schwierigkeit einer Aufgabe nicht allein aus dem Operator. Die Darstellung eines Versuchsergebnisses kann leichter sein als die Darstellung des Zusammenhangs des technischen Fortschritts und der Entwicklung der Membranmodelle.

Operatoren sind, anders als W-Fragen, tatsächliche Arbeitsanweisungen. Sie zielen auf ein bestimmtes Verhalten der Lernenden, nicht auf ein bestimmtes Wissen. Als solche sind sie sehr präzise und messbar. Beispielsweise kann die W-Frage „Wie ist die Zellmembran nach dem Modell von SINGER und NICOLSON aufgebaut?“ sehr unterschiedlich verstanden werden. Unter Verwendung durch Operatoren können explizite Arbeitsaufträge erteilt werden, etwa „*Nennen* Sie die Bestandteile ...“, „*Erklären* Sie den Aufbau ...“ oder „*Vergleichen* Sie folgende Modelle ...“

## ! Vielfalt der Operatoren

Von den vielen zur Verfügung stehenden Operatoren werden einige besonders häufig verwendet, wie „*nenne*“, „*beschreibe*“, „*erläutere*“ und „*erkläre*“. Gerade im Biologieunterricht bieten sich jedoch auch Möglichkeiten zur Abwechslung in einem interessanten und vielfältigen Unterricht.

Beispielsweise können neben Versuchsergebnissen auch Versuchsdurchführungen *protokolliert* werden. Die Ergebnisse der Lernenden können im Rahmen des wertschätzenden Umganges mit Schülerergebnissen etwa in einer Kursmappe zusammengestellt oder auf einem Plakat aufgehängt werden und so auch anderen bzw. nachfolgenden Kursen zur Verfügung gestellt werden. Eine geeignete Möglichkeit zur *Darstellung* von Ergebnissen zu finden, ist oft nicht profan, schult aber nicht nur die Fähigkeit der Lernenden zur Auswahl passender Darstellungsformen, sondern auch die der Auswertung gegebener Grafiken und Beschreibungen. Bei der Auswertung gegebener Versuchsergebnisse können die Lernenden die *Überprüfung* von Hypothesen, Modellen, Aussagen, etc. erlernen. An diesen Beispielen können aber auch Kriterien für die Protokollierung eigener Versuchsdurchführungen und -ergebnisse und deren grafischer Darstellungen in der Klasse erarbeitet werden.

Eine im Biologieunterricht noch selten genutzte Methode ist die Arbeit mit *mystery cards* (s. Seite 16ff). Diese bietet die Möglichkeit, das Vorwissen der Lernenden zu aktivieren und die Vorstellungen der Lernenden zum Inhalt des Unterrichtsgesprächs zu machen. Ferner können die Lernenden die Vernetzung verschiedener Erkenntnisse innerhalb der Biologie wahrnehmen, indem sie einzelne Aspekte *analysieren*, *zusammenfassen*, *vergleichen* und hieraus Schlussfolgerungen *ableiten*.

Auch Pro-Contra-Debatten oder rollengeleitete Podiumsdiskussionen bieten Möglichkeiten, den Biologieunterricht abwechslungsreich zu gestalten. Hierbei müssen die Lernenden zu einem Sachverhalt bzw. Gegenstand, beispielsweise Tierversuchen (s. Seite 49) oder Doping im Sport (s. Seite 125), *Stellung nehmen* und diesen *bewerten*. Dadurch können die Lernenden insbesondere ihre Fähigkeiten in den Kompetenzbereichen Kommunikation und Bewertung erweitern. Ferner zeigt sich hier die Bedeutung des Unterrichtsfachs für den Alltag der Lernenden und folgt damit der Forderung des Kernlehrplans, die Lernenden in die Lage zu versetzen, bei der Entscheidungsfindung Werte, Normen und Fakten zu kennen, nach denen die Interessen und die Folgen biologischer Forschung beurteilt werden können.

# Übersicht über die Operatoren

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
Ableiten	Auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen.
Analysieren und Untersuchen	Wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten. Untersuchen beinhaltet ggf. zusätzlich praktische Anteile.
Angeben	siehe „Nennen“
Auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen.
Begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen.
Beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben.
Beurteilen	Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen.
Bewerten	Einen Gegenstand an erkennbaren Wertkategorien oder an bekannten Beurteilungskriterien messen.
Darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich wiedergeben.
Deuten	siehe „Interpretieren“
Diskutieren synonym wird verwendet: Erörtern	Argumente und Beispiel zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen.
Erklären	Einen Sachverhalt mithilfe eigener Kenntnisse in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen.
Erläutern	Einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen.
Ermitteln	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren.
Erörtern	siehe „Diskutieren“
Hypothese entwickeln synonym wird verwendet: Hypothese aufstellen	Begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
Interpretieren synonym wird verwendet: Deuten	Fachspezifische Zusammenhänge in Hinblick auf eine gegebene Fragestellung begründet darstellen
Nennen synonym wird verwendet: Angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen
Protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben.
Prüfen	siehe „Überprüfen“
Skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich grafisch darstellen.
Stellung nehmen	Zu einem Gegenstand, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben.
Überprüfen bzw. Prüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken.
Vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln.
Zeichnen	Eine möglichst exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen.
Zusammenfassen	Das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen.

Liste der Operatorenübersicht für den Biologieunterricht des Bildungsportals des Landes Nordrhein-Westfalen  
(<http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-gost/fach.php?fach=6>)

# Arbeitsmethoden in der Biologie

## Wie forschen Biologen?



### Schülerbuch Seite 4/5

- A1** Beobachtete biologische Phänomene führen zu wissenschaftlichen Fragestellungen, wenn die Hintergründe und Zusammenhänge aufgeklärt werden sollen. Überlegungen aus unseren Erfahrungen und Vorwissen führen jedoch nicht zu einer Lösung dieser Fragestellung, sondern zu verschiedenen Hypothesen. Erste experimentelle Untersuchungen zu den beobachteten Phänomenen führen zu Daten, mit denen die Hypothesen gefestigt oder widerlegt werden. In den Experimenten darf daher jeweils nur ein Faktor aus den Hypothesen geändert werden, um eindeutig zu sein.



### Arbeitsblatt Seite 11

- A1** zu Zitat 1: GOETHE benutzte den Theorie-Begriff eher als Gegenteil zu Praxis und verwendet ihn so im Sinne von „unsichere Annahme“.  
zu Zitat 2: siehe zu 1  
zu Zitat 3: HAWKING stellt den Bezug zu Spielregel 6 heraus, dass gute Theorien auch gute Vorhersagen zulassen.  
zu Zitat 4: DURKHEIM lehnt einen Zusammenhang der Sozialwissenschaften zu anderen Wissenschaften, wie z. B. der Biologie, ab und verletzt damit die Forderung nach der Einbindung wissenschaftlicher Ergebnisse in Nachbardisziplinen. Mit der Findung der Autonomie des Wissenschaftsbereiches verletzt er die Forderung nach äußerer Konsistenz.  
zu Zitat 5: MAHNER betont in Zitat 5 die Forderung der Überprüfbarkeit.  
zu Zitat 6: Papst PAUL VI. fordert Wissenschaftler auf, göttliche Gesetze zu bestätigen und verletzt damit die Forderung, dass Glaubens- und Wertvorstellungen keinen Einfluss auf die Wissenschaft haben dürfen.  
zu Zitat 7: HOYLE, ein Vertreter der Zeugen Jehovas, versucht hier ein göttliches Wesen als Schöpfer anzunehmen und verletzt damit die Forderung des Naturalismus.
- A2** Aus der Forderung heraus, dass widerlegte Hypothesen verworfen oder verändert werden müssen, ergibt sich automatisch, dass es keine endgültigen Wahrheiten geben kann und die Modelle sich im Forschungsgeschehen der Wirklichkeit immer mehr annähern.
- A3** Die Annahme übernatürlicher Wesenheiten, die jegliche natürliche Gesetze durchbrechen könnten, würde dazu führen, dass jeder Zustand der Natur damit erklärt werden könnte, auch widersprüchliche. Dies würde das Ende der naturwissenschaftlichen Forschung bedeuten, da eine ihrer Grundannahmen falsch wäre.

## Z Gefrierschutzproteine

Das folgende Beispiel zeigt den Weg von beobachteten Phänomenen über geplante und durchgeführte Experimente bis zur Entwicklung einer möglichen Theorie zur Erklärung der Phänomene.

### Beobachtbare Phänomene:

- Stellt man Glasflaschen mit Wasser gefüllt für mehrere Stunden in die Gefriertruhe, zerspringt das Glas in kleinste Teile (bitte diesen Versuch nicht nachmachen!).
- Im frischen Zustand eingefrorene Pflirsiche, Tomaten oder Gurken sind nach dem Wiederauftauen matschig und sehen unappetitlich aus.
- Viele Fische in polaren Regionen der Erde überleben in Gewässern, die kälter sind als der Gefrierpunkt ihres Blutes.
- Der nordamerikanische Waldfrosch (*Rana sylvatica*) kann tiefgefroren den Winter überstehen. Im Frühjahr taut er auf und hüpfert davon. Auch sein Laich kann einfrieren und sich nach dem Auftauen normal weiter entwickeln.
- Eine norwegische Form des Borkenkäfers überlebt Wintertemperaturen von bis zu  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### Freilandbeobachtungen oder Experimente

- In die Scheibenwaschanlage des Autos füllt man zu Beginn des Winters ein alkoholhaltiges Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch, damit man auch bei Temperaturen bis zu  $-35^{\circ}\text{C}$  die Scheibe noch reinigen kann.
- Unter  $0^{\circ}\text{C}$  kaltes Meerwasser ist aufgrund seines Salzgehaltes flüssig.
- Im Winter wird Salz gestreut, damit keine Eisbildung stattfindet.
- Eiskristalle können spitz und nadelförmig werden und Zellen zerstören.
- Im Blut von Antarktisfischen lassen sich sogenannte Glykoproteine nachweisen. Das sind mit Zucker verknüpfte Eiweißmoleküle.
- Untersucht man den Blutzuckerspiegel des Waldfrosches, so lässt sich von Herbst bis zum Winter hin ein rapider Anstieg auf das bis zu 250fache des im Sommer normalen Wertes beobachten.

### Mögliche Theorie

- Organismen (Antarktisfische, Waldfrosch) sind an Temperaturen rund um den Gefrierpunkt angepasst. Sie besitzen spezielle Gefrierschutzproteine in ihren Körperflüssigkeiten, die sich bildende Eiskristalle binden und deren Vernetzung verhindern.



Die „Spielregeln“ der Naturwissenschaften lassen sich wie folgt formulieren:

1. Gegenstand der naturwissenschaftlichen Forschung sind Dinge der belebten und unbelebten Natur, die sich mit Sinnesorganen erfassen lassen oder durch Hilfsgeräte wahrgenommen werden können. Dinge, deren Existenz nicht eindeutig beweisbar ist, wie übernatürliche Kräfte, Geistwesen, Götter oder dergleichen, stellen keinen Teil der Naturwissenschaften dar.
3. Die Naturwissenschaften versuchen Regeln und Zusammenhänge in der Natur zu finden und zu erklären.
4. Grundlage naturwissenschaftlichen Erkennens sind objektive, wiederholbare Beobachtungen. Diese liegen vor, wenn sie von unabhängigen Personen wiederholt gemacht werden können. Religiöse Überzeugungen, Glaubens- oder Wertvorstellungen bzw. ideologische Einbindungen dürfen keinen Einfluss auf diese Beobachtungen haben (Naturalismus).
5. Alle Erkenntnisse müssen den Regeln der Logik gehorchen und dürfen sich demzufolge z. B. nicht widersprechen. Diese Widerspruchsfreiheit muss sowohl innerhalb der Theorie (innere Konsistenz) als auch zu Nachbardisziplinen (äußere Konsistenz) bestehen.
6. Zu diesen objektiven Tatsachen stellt der Naturwissenschaftler Vermutungen über dahinterstehende Zusammenhänge — sogenannte *Hypothesen* — auf, die durch Experimente überprüft und bestätigt oder widerlegt werden. Hypothesen müssen falsifizierbar (widerlegbar) sein, um als naturwissenschaftlich anerkannt zu werden. Widerlegte Hypothesen müssen verworfen oder verändert werden.
7. Kann man mit einer durch viele Beobachtungen, Experimente und kritische Betrachtungen wiederholt bestätigte Hypothese immer mehr natürliche Phänomene verstehen, widerspruchsfrei erklären und neue Dinge vorhersagen, nennt man sie eine *Theorie*. Im Gegensatz zur weit verbreiteten laienhaften Vorstellung, dass eine Theorie etwas Unsicheres, d.h. Vermutetes ist, ist eine naturwissenschaftliche Theorie die am besten belegte und abgesicherte Aussage, die Naturwissenschaftler machen können.

## Zitat 1

„Gau, teurer Freund, ist alle Theorie. ...“  
(GOETHE)

## Zitat 2

„Laien verwechseln häufig die Begriffe Theorie und Hypothese.“

## Zitat 3

„Gut ist eine Theorie wenn sie zwei Voraussetzungen erfüllt: Sie muss eine große Klasse von Beobachtungen auf der Grundlage eines Modells beschreiben, das nur wenige Elemente enthält, und sie muss bestimmte Voraussagen über die Ergebnisse künftiger Beobachtungen ermöglichen.“ (STEPHEN W. HAWKING, LEONARD MLODINOW: Die Kürzeste Geschichte der Zeit. Copyright © 2005 by Rowohlt Verlag GmbH, Reinbek)

## Zitat 4

„Soziale Phänomene formen ein autonomes System und können nur durch andere soziale Systeme erklärt werden.“  
(DURKHEIM, 1895, Gründer der Sozialwissenschaften)

## Zitat 5

„Der Naturalismus ist für die Wissenschaften keine beliebige Setzung, sondern er wird gleichsam von deren methodologischen Prinzipien erzwungen. Wissenschaftliche Hypothesen und Theorien sollen z. B. überprüfbar sein. Überprüfbar ist aber nur das, mit dem wir wenigstens indirekt interagieren können, was sich gesetzmäßig verhält. Übernatürliche Wesenheiten entziehen sich hingegen unserem Zugriff ...“  
(MAHNER, 2002)

## Zitat 6

„So werden dann die Wissenschaftler — besonders die Katholiken unter ihnen — durch ihren Beitrag beweisen, dass es so ist, wie die Kirche lehrt: dass nämlich, es keinen wahren Widerspruch geben kann zwischen den göttlichen Gesetzen hinsichtlich der Übermittlung des Lebens und dem, was echter Liebe dient.“  
(Humanae Vitae, PAPST PAUL VI., 1968).

## Zitat 7

„Statt die verschwindend geringe Wahrscheinlichkeit zu akzeptieren, das Leben sei durch blinde Naturkräfte aufgetreten, schien es besser zu sein anzunehmen, dass der Ursprung des Lebens ein vorsätzlicher intellektueller Akt war.“  
(HOYLE, 1998)

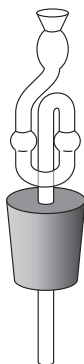
- **A1** Nehmen Sie auf der Grundlage der „Spielregeln“ und der Definition des Theorie-Begriffs Stellung zu den angegebenen Zitaten. Untersuchen Sie in diesem Zusammenhang, in welcher Hinsicht einige der Aussagen die geforderten Grundregeln verletzen.
- **A2** Kommentieren Sie die Aussage: „Naturwissenschaftler finden keine endgültigen Wahrheiten, sondern nähern ihre Modelle und Theorien der Wirklichkeit immer mehr an.“
- **A3** Erläutern Sie, welche Konsequenzen es hätte, wenn man übernatürliche Erklärungen in den Naturwissenschaften akzeptieren würde.

# Wie wertet man wissenschaftliche Daten aus?



## Schülerbuch Seite 10/11

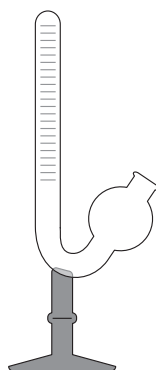
- A1** In dem Diagramm ist die Individuenzahl einer regelmäßig gefütterten Wasserfloh-Population in Abhängigkeit von der Zeit in Tagen bei einer Temperatur von 18 °C dargestellt. Das Diagramm zeigt ein begrenztes Wachstum mit einem sigmoiden Kurvenverlauf der Wasserfloh-Population. Die Individuenanzahl der Wasserflöhe beträgt am 10. Tag ca. 5. Bei leichten Schwankungen in der Populationsgröße steigt die Anzahl der Wasserflöhe bis zum 45. Tag auf ca. 30 Individuen. Ab dem 45. Tag ist ein nahezu linearer, steiler Anstieg in der Individuen-Population der Wasserflöhe auf ca. 200 Individuen bis zum 62. Tag zu beobachten. Anschließend schwankt die Population leicht um einen Wert von ca. 180 Individuen bis zum Ende der Untersuchung am 110. Tag.
- A2** Die Individuenanzahl der Hasen ist wesentlich größer als die Anzahl der Luchse. Würde man eine y-Achse verwenden, würde es Probleme in der Auswahl der Achsenskalierung geben: Orientiert man sich an der Population der Hasen, wären Veränderungen in der Population der Luchse kaum in dem Diagramm erkennbar, sodass eine Deutung des Diagramms kaum möglich wäre.
- A3** Die Maxima der Luchspopulation folgen zeitversetzt den Maxima der Hasenpopulation. Luchse ernähren sich von Schneeschuhhasen. Je größer die Population der Schneeschuhhasen ist, desto größer sind die Überlebenschancen der Luchse sowie deren Geburtenrate. Die Population der Luchse steigt zeitverzögert. Durch eine erhöhte Luchspopulation steigt



Gärverschluss



Versuch mit Ballon



Gärröhrchen nach EINHORN

die Sterberate der Hasen, ihre Population wird zunehmend kleiner. Aufgrund des Nahrungsmangels sinkt die Luchspopulation wieder zeitversetzt zur Hasenpopulation. Im Diagramm ist dies z. B. in den Jahren 1922 und 1923 zu erkennen: Im Jahr 1922 wies die Hasenpopulation ein Minimum auf, im Jahr 1923 folgt das Minimum der Luchspopulation.

- A4 a)** Punktdiagramm oder Balkendiagramm: Bei einer kontinuierlichen Darstellung des Zigarettenkonsums würde sich ein Punktdiagramm anbieten. Werden Gruppierungen gewählt, wie z. B. 5 bis 10 Zigaretten pro Tag, ist das Verwenden eines Balkendiagramms sinnvoll.
- b)** Kreisdiagramm oder Stapeldiagramm: Es sollen Anteile verschiedener Gruppen an einer Gesamtheit dargestellt werden.
- c)** Balkendiagramm oder Säulendiagramm: Es handelt sich bei den Ökosystemen um verschiedene Bezugsgrößen, die getrennt voneinander betrachtet werden müssen. Es gibt keine stufenlose x-Achse.
- d)** Kurvendiagramm: Die Beziehung zweier Größen zueinander ist (zumindest theoretisch) bei einer kontinuierlichen Messung mit jeder vorstellbaren Zwischengröße zugänglich.



## Arbeitsblatt Seite 13

- A1** individuelle Lösung; Arbeit im Team
- A2** individuelle Lösung
- A3** Versuch 1: Nur Traubenzucker wird umgesetzt (Nachweis der Substratspezifität)  
Versuch 2: Je höher die Substratkonzentration, desto schneller erfolgt der Substratumsatz (Sättigungskurve).  
Versuch 3: Je höher die Temperatur, desto schneller erfolgt die Umsetzung (RGT-Regel).



## Hinweise zum Arbeiten mit Hefe

Das Thema „Gärung“ eignet sich besonders für den forschend-entwickelnden Unterricht. Da Hefen und alkoholische Gärung bekannt sind, werden Schülerinnen und Schüler Versuche mit diesem Organismus planen können, z. B. die Zellen mit Nährstoffen (Zucker unterschiedlicher Konzentration oder chemischer Beschaffenheit) zu versorgen und unter Sauerstoffabschluss zu halten. Mit diesen Versuchen lassen sich die Kenntnisse über Enzyme vertiefen oder in die Hypothesenbildung einbringen. Dabei können unterschiedliche Techniken eingesetzt werden (s. Abb.). Es ergeben sich Ausblicke auf die Mikrobiologie (Hefesuspension auf Standardagar ausplattieren, Kolonien mikroskopieren, Sprossungsvorgang, Generationswechsel) und auf die menschliche Gesundheit (Alkohol als Zellgift).

# Welche Faktoren beeinflussen die Gärung?

Mit den folgenden Experimenten können verschiedene Einflüsse auf die Stoffwechselvorgänge in Hefezellen untersucht werden. Für alle Versuche wird eine Hefelösung (20 g Bäckerhefe auf 100 ml Wasser) angesetzt.

## 1) Einfluss des Substrats

### Material:

Traubenzucker, Haushaltszucker, Milchsüßer, 4 Reagenzgläser, 4 Standgärröhrchen, Hefelösung, Messzylinder, Pipetten, Waage, Glasstäbe, Spatel, Teelöffel, Filzstifte

### Durchführung:

Reagenzgläser und Standgärröhrchen numerieren; je Reagenzglas 0,35 g des betreffenden Zuckers in 3,5 ml Wasser lösen und 7 ml Hefelösung dazugeben und gut durchmischen. Die Lösung in den kugelförmigen Ansatz füllen, das Gärröhrchen drehen und klopfen, bis der geschlossene Schenkel gefüllt ist. Das vierte Gärröhrchen mit 10,5 ml Hefelösung ohne Zucker füllen.

### Beobachtung:

Die Gärröhrchen bei Zimmertemperatur aufstellen und 25 min lang im Abstand von 5 min das gebildete Gasvolumen ablesen.

## 2) Einfluss der Substratkonzentration

### Material:

Haushaltszucker, 4 Reagenzgläser, 4 Standgärröhrchen, Hefelösung, Messzylinder, Pipetten, Filzstifte, 4 Flaschen mit Gäraufsatz.

### Durchführung:

Reagenzgläser und Standgärröhrchen numerieren; jeweils 1, 2, 5 und 10 g Haushaltszucker in 50 ml Wasser lösen; davon je 3,5 ml der Zuckerlösung und 7 ml Hefelösung gut durchmischen. Die Lösung in den kugelförmigen Ansatz füllen, das Gärröhrchen drehen und klopfen, bis der geschlossene Schenkel gefüllt ist, bei Zimmertemperatur aufstellen und 25 min lang im Abstand von 5 min das gebildete Gasvolumen ablesen.

### Beobachtung:

Die Gärröhrchen bei Zimmertemperatur aufstellen und im Abstand von 5 min das gebildete Gasvolumen ablesen.

## 3) Einfluss der Temperatur

### Material:

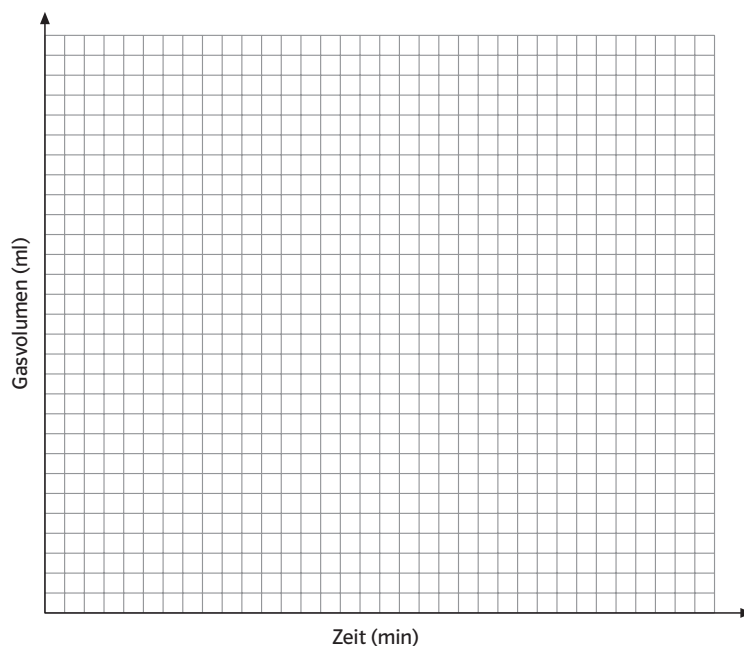
10%ige Zuckerlösung aus Versuch 2; Brutschrank, Kühlschrank mit Eisfach, 4 Standgärröhrchen, Hefelösung, Thermometer, Filzschreiber

### Durchführung:

Reagenzgläser und Standgärröhrchen numerieren; je Reagenzglas 3,5 ml der Zuckerlösung und 7 ml der Hefelösung mischen. Die Lösung in den kugelförmigen Ansatz füllen, das Gärröhrchen drehen und klopfen, bis der geschlossene Schenkel gefüllt ist.

### Beobachtung:

Je ein Gärröhrchen im Brutschrank (ca. 37°C), bei Zimmertemperatur, im Kühlschrank und 25 min lang in dessen Eisfach aufstellen und im Abstand von 5 min das gebildete Gasvolumen ablesen. Die Zimmertemperatur und die Temperatur im Kühlschrank bzw. in dessen Eisfach messen.



1 Diagramm

- ☐ **A1** Führen Sie die Versuche entsprechend den Anweisungen arbeitsteilig in drei verschiedenen Gruppen durch. Halten Sie alle Versuchsergebnisse in einer Tabelle fest.
- ☐ **A2** Übertragen Sie die Wertepaare in ein Diagramm (Abb.1).
- ☒ **A3** Deuten Sie die Versuchsergebnisse.



# Welche Bedeutung haben Modelle?



## Schülerbuch Seite 8/9

- A1** Modelle entstehen durch Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen. Durch neue Untersuchungsmethoden können zusätzliche Ergebnisse die Modelle verfeinern. Auch durch eine große Anzahl von Untersuchungsergebnissen und deren Zusammenführung wird eine Verfeinerung der Modellvorstellung erreicht.
- A2** Modelle tragen zu einem besseren Verständnis komplexer Vorgänge oder Abbildungen bei, da sie wesentliche Aspekte herausstellen und vereinfachen. Man kann sie für ein besseres Lernverständnis einsetzen, da sie gegenüber Texten oder Gleichungen anschaulicher sind und durch die Vereinfachung das Verständnis erleichtern.
- A3** In der Grafik ist auf der x-Achse die Zeit in Minuten und auf der y-Achse die maximale Enzymaktivität in % aufgetragen. Bei einer Temperatur von 38 °C liegt die Aktivität über den gesamten Messzeitraum bei 100 %. Bei einer Temperatur von 65 °C sinkt die Aktivität innerhalb von 10 min sehr schnell auf 0 % ab.
- A4** Mithilfe des Modells lässt sich der Kurvenverlauf veranschaulichen, da durch die höhere Temperatur die Form des Enzyms verändert wird und das aktive Zentrum dadurch verkleinert ist, sodass das Substrat nicht mehr passt und somit nicht mehr verändert werden kann. Der Wert sinkt dadurch innerhalb von 10 min, da in diesem Zeitraum die Veränderung erfolgt sein muss.
- A5** Alternative Modelle können von anderen Formen des Enzyms ausgehen oder von der Annahme, dass das Substrat sich ändert und nicht mehr in das aktive Zentrum passt. Dies wäre auch eine zweite Hypothese, die überprüft werden müsste.
- A6** Das Auffällige an den Bewegungsmustern ist, dass sie eine ungerichtete Bewegung eines integralen Proteins in alle Richtungen darstellen. Gleichzeitig gehen diese Muster jeweils nur über kleine Räume, bevor sie sprunghaft in einen weiteren abgegrenzten Raum übergehen.
- A7** In der ursprünglichen Modellvorstellung war eine offene ungehinderte Bewegung integraler Proteine in der Membran möglich. Diese Vorstellung wurde durch die neuen Bewegungsmuster eingeschränkt. Dies lässt sich durch das unterhalb der Membran liegende Cytoskelett erklären. Membranproteine, welche die gesamte Membran durchdringen, werden in ihrer Bewegung durch die Strukturen des Cytoskeletts eingeschränkt.
- A8** Eine naturwissenschaftliche Fragestellung unterscheidet sich von anderen Fragestellungen dadurch, dass sie durch Untersuchungen oder Experimente beantwortet wird. Sie untersucht naturwissenschaftliche Vorgänge.



## Arbeitsblatt Seite 15

- A1** individuelle Lösung (*Hinweis:* Diese Aufgabe eignet sich gut für eine Gruppenarbeit.)
- A2** Kriterien können hier etwa die Übersichtlichkeit oder die Nähe zum Originalobjekt sein.
- A3** Jede Nachbildung oder Darstellung eines originalen Objektes ist ein Modell. Abbildung 2 ist die zweidimensionale, schematische Darstellung einer Pflanzenzelle, im Gegensatz zum dreidimensionalen, selbst erstellten Objekt. In der schematischen Darstellung sind die Organellen gut erkennbar und beschriftet. Die Abbildung dient der übersichtlichen Darstellung der Organellen einer Pflanzenzelle. Die Größenverhältnisse, die Anzahl der einzelnen Organellen oder die originale Farbgebung wurden dabei vernachlässigt. An einem dreidimensionalen Modell kann beispielsweise die Anordnung der Organellen vor- bzw. hintereinander besser verdeutlicht werden. Dafür sind diese Modelle oft weniger übersichtlich und schwerer zu beschriften.



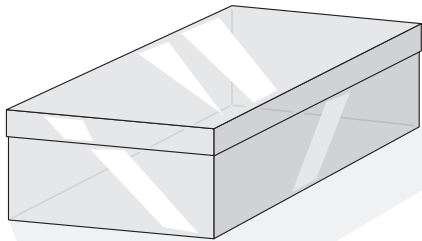
## Literaturhinweise

- FLEIGE, J., SEEGER, A., UPMEIER ZU BELZE, N. A. & KRÜGER, D.: Förderung von Modellkompetenz im Biologieunterricht. MNU 65 2012 S. 19 — 28
- KRELL, M. & KRÜGER, D.: Wie werden Modelle im Biologieunterricht eingesetzt? — Ergebnisse einer Fragebogenstudie. In: Erkenntnisweg Biologiedidaktik 2013 S. 9 — 26

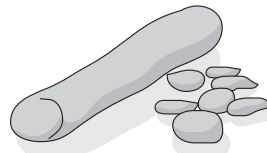
# Herstellung eines Zellmodells

Viele Phänomene und Strukturen, die in der Biologie untersucht werden, haben sehr komplexe Zusammenhänge. Sie können sehr groß sein, beispielsweise globale Stoffkreisläufe oder so klein, dass sie auch unter einem Mikroskop nicht gesehen werden können, wie der Aufbau von Enzymen. Daher kommen solche Modelle, die der Veranschaulichung dienen, in der Biologie oft zum Einsatz.

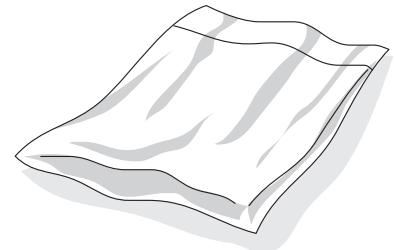
## Erstellung eines Modells der Pflanzenzelle



durchsichtige Plastikbox



Knetmasse

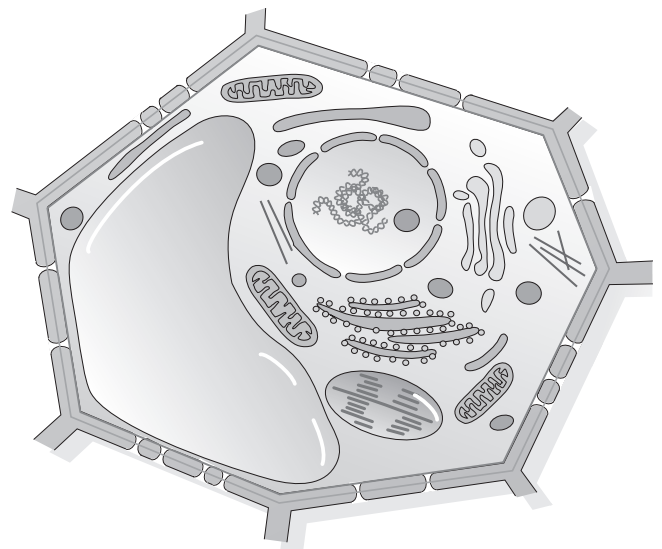


Tüte

### 1 Mögliche Materialien zum Bau eines Zellmodells

Modelle, die den Aufbau einer Zelle veranschaulichen, können gut selbst gebastelt werden. Hierfür können sehr unterschiedliche Materialien verwendet werden. Für die äußere Begrenzung (Zellmembran) eignen sich besonders durchsichtige Gefäße, um das Zellinnere aus verschiedenen Perspektiven betrachten zu können. Zellorganellen können aus formbaren Materialien erstellt werden oder es werden passende Gegenstände gesammelt (etwa Steinchen). Zur Darstellung verschiedener Membranen können beispielsweise Zellophanfolie, Plastiktüten oder Luftballons verwendet werden.

Der genaue Aufbau eines Zellmodells steht dabei im Zusammenhang damit, was mit dem Modell gezeigt werden soll. Beispielsweise können die verschiedenen Organellen einer Pflanzenzelle gezeigt werden, das Größenverhältnis der einzelnen Organellen verdeutlicht werden oder die Erklärung lichtmikroskopischer Bilder als zweidimensionale Abbildungen dreidimensionaler Objekte im Vordergrund stehen. Abhängig vom verfolgten Ziel können unterschiedliche Materialien notwendig sein. Für die Darstellung der Größenverhältnisse müssen beispielsweise Objekte aus sehr formbaren Materialien erstellt werden.



2 Schematische Darstellung einer Pflanzenzelle)

- ☐ **A1** Erstellen Sie ein Modell einer Pflanzenzelle. Entscheiden Sie im Vorfeld, was Sie anhand des Modells zeigen wollen.
- ☒ **A2** Vergleichen Sie Ihre Modelle mit denen Ihrer Mitschüler. Begründen Sie welche Darstellungen Ihnen besonders geeignet erscheinen.
- ☒ **A3** Die Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Pflanzenzelle. Begründen Sie, weshalb dies ein Modell ist und vergleichen Sie es mit dem von Ihnen erstellten Modell. Gehen Sie dabei auch auf die Vor- und Nachteile der beiden Modelle ein.

# 1 Zellforschung

## 1.1 Zellen werden untersucht

### Lebewesen bestehen und entstehen aus Zellen



#### Schülerbuch Seite 13

- A1** Vergleichen Sie die Vorstellungen zu den Animalcules mit denen zur Entstehung von Mäusen und erläutern Sie unter diesem Aspekt die Bedeutung der Experimente von REDİ und PASTEUR.
- *Die Animalcules sind mit den Mäusen vergleichbar auch wenn Sie wesentlich kleiner sind. Die fehlenden Experimente zur Untersuchung der Aussagen führen in beiden Fällen zu den Fehlvorstellungen. Die Experimente von REDİ und PASTEUR, die zu einer veränderten Erklärung der Vorgänge führten, waren ähnlich, da sie nachwiesen, dass nur dort, wo bereits Leben vorhanden war, Lebewesen nachzuweisen sind.*
- A2** Beschreiben Sie Abb. 3 und erläutern Sie unter dem Aspekt der Zelltheorie die Aussage der Abbildung.
- *Der menschliche Körper besteht aus Organen und Geweben, die wiederum aus Zellen bestehen. Alle verschiedenen Gewebe bestehen aus Zellen. Dies ist die Aussage der Zelltheorie: Alle Lebewesen bestehen aus Zellen und Zellen sind die Grundbausteine des Lebens. Daraus kann man schließen, dass alle Prozesse in unserem Körper in Zellen ablaufen.*
- A3** Erklären Sie anhand der Texte auf Seite 4, was eine naturwissenschaftliche Fragestellung ist, und beziehen Sie diese Aussage auf die Zelltheorie.
- *Eine naturwissenschaftliche Fragestellung unterscheidet sich von anderen Fragestellungen dadurch, dass sie durch Untersuchungen oder Experimente beantwortet wird. Sie untersucht naturwissenschaftliche Vorgänge.*



#### Arbeitsblatt Seite 17

- A1** Zum Thema Entstehung von Lebewesen tragen die Karten 1, 2, 3, und 4 bei. Die Karten 6 und 7 liefern einen Beitrag zum Thema Zelltheorie. Die Karte 5 ist wenig relevant, da sie nur Alltagserfahrungen beschreibt, die auch in Material 2 zum Ausdruck kommen.
- A2** Lange Zeit existierten parallel zwei Vorstellungen zur Entstehung von Lebewesen, die beide durch Alltagserfahrungen gestützt wurden: Insbesondere bei größeren Säugetieren und beim Menschen war bekannt, dass eine gewisse Zeit nach der Zeugung Nachkommen geboren wurden. Bei kleinen Säugern und anderen Klein- und Kleinstlebewesen nahm man an, dass Lebewesen unter geeigneten Bedingungen aus unbelebter Materie entstehen können. Die Versuche von REDİ und PASTEUR zeigten, dass Lebewesen nicht anzutreffen sind, wenn der Zugang verhindert wird. Damit blieb als Erklärung des scheinbar spontanen Entstehens von Lebewesen nur die unbemerkte Einwanderung bzw. die Ablage

von befruchteten Eiern. HOOKE schloss aus seinen Beobachtungen, dass Arten aussterben können und dass sich aus Urformen Scharen ähnlicher Arten bilden können.

- A3** Die Entwicklung von Vergrößerungsapparaten ermöglichte das Erkennen als Grundelemente von mehrzelligen Lebewesen und eröffnete den Blick auf Einzeller und Bakterien. Durch die vergleichende Betrachtung unterschiedlichster Lebewesen konnte die Zelle als Grundbaustein aller Lebewesen erkannt werden.



#### Arbeiten mit Mystery-Karten

Die Arbeit mit Mystery-Karten kann dazu beitragen, dass die Lernenden Informationen zu einem Thema nicht nur sammeln, sondern auch deren Relevanz im Rahmen einer Fragestellung beachten. Sie können üben, durch das Ordnen der Informationen zu einer Lösung der Aufgabenstellung zu gelangen.

In einem weiteren Schritt kann dieses Vorgehen gefördert werden, wenn die Lernenden zu einem Thema selbst Informationskarten erstellen und diese dann in Gruppen weiter bearbeiten und dabei mithilfe der Lehrkraft ihr Vorgehen reflektieren.



#### Literaturhinweise

- DUBBERT, K.: Mystery: Sorge um den Eisbären. In: Unterricht Biologie Heft 387 S. 26–33 2013
- THOMSON, K. S.: Hookes Fossilien und die Anti-Evolutionstheorie. In Spektrum der Wissenschaft Heft 4/2006



#### Medienhinweise

FWU 4201702 Robert Hooke und die Zelle  
Hagemann Video 180113 Grundlagen der Zytologie  
Unter <http://www.mikroskopie.de> gibt es zahlreiche Links zu verschiedenen Firmen für Mikroskope und Präparate (mit zum Teil guten Abbildungen)

# Die Entstehung von Lebewesen (1)

Heute ist uns die Vorstellung selbstverständlich, dass Lebewesen die Nachkommen anderer Lebewesen sind. Außerdem wissen wir viel über den Aufbau von Lebewesen und über die Zellen, aus denen sie bestehen. Unser Bild von Lebewesen und ihrer Entstehung hat sich in Jahrhunderten weiterentwickelt, weil sich Naturforscher immer wieder damit beschäftigt haben.

## Die Arbeit mit Materialkarten (mystery cards):

Wenn Sie zu einem Thema recherchieren, müssen Sie Informationen sammeln, sie vergleichen, sie auf ihre Relevanz bezüglich der Fragestellung prüfen und sie in eine sinnvolle Ordnung bringen.

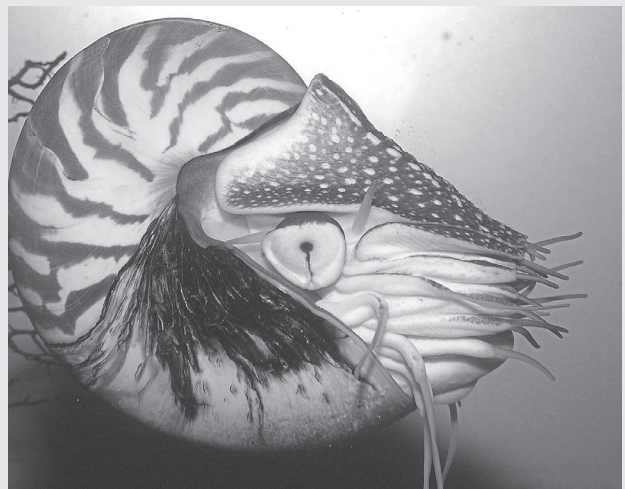
Erst dann können Sie die Informationen sinnvoll verwenden, um eine Lösung zu einer Fragestellung zu erarbeiten. Wenden Sie diese Vorgehensweise auf die folgenden Fragestellungen an.

- **A1** Ordnen Sie die Materialkarten den Themen „Entstehung von Lebewesen“ und „Zelltheorie“ zu.
- **A2** Erläutern Sie unter Verwendung des Materials, wie sich die Vorstellung von der Entstehung von Lebewesen im Verlauf der Jahrhunderte entwickelt hat.
- **A3** Erläutern Sie unter Verwendung des Materials, wie sich die Vorstellung vom Aufbau von Lebewesen im Verlauf der Jahrhunderte entwickelt hat.

- 1** Der englische Mathematiker Naturforscher ROBERT HOOKE (1635 – 1703) beschreibt in einem 1665 veröffentlichten Werk die Ähnlichkeit zwischen dem heute lebenden Nautilus und Steinen, die wir heute als Versteinerungen von Ammoniten bezeichnen. In HOOKES Zeit war die Vorstellung von Versteinerungen ausgestorbener Arten revolutionär.



**1** Solche Steine führte HOOKE auf frühere Meerestiere zurück

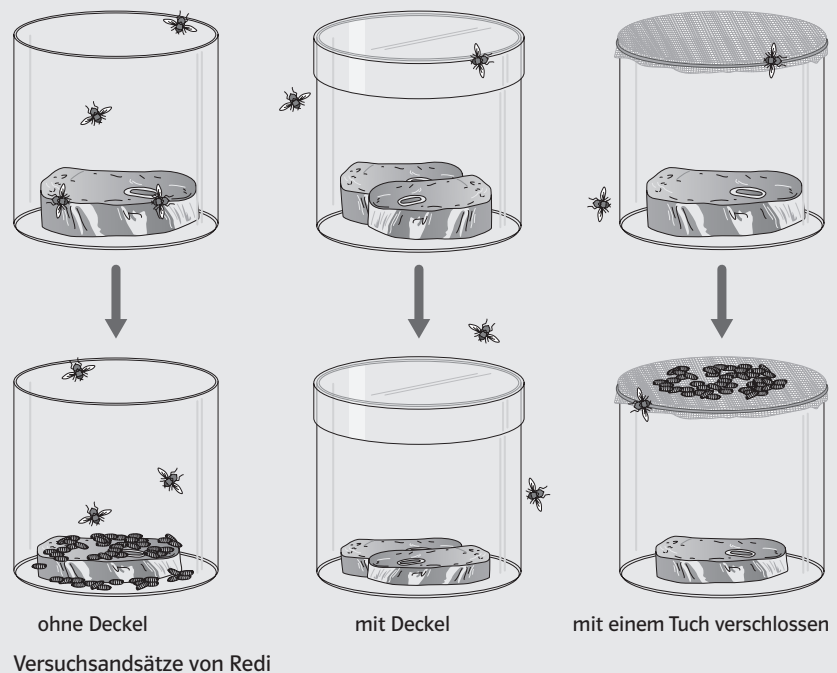


**2** HOOKE erkannte die Ähnlichkeit zu Nautilus



## Die Entstehung von Lebewesen (2)

- 2** Der italienische Arzt **FRANCESCO REDI** (1626 — 1697) prüfte experimentell die verbreitete Ansicht, dass Fliegen aus verwesendem Fleisch entstehen könnten. Die Vorstellung beruhte auf Alltagsbeobachtungen an Fleischresten und Tierkadavern. **FRANCESCO REDI** setzte drei Versuche an.

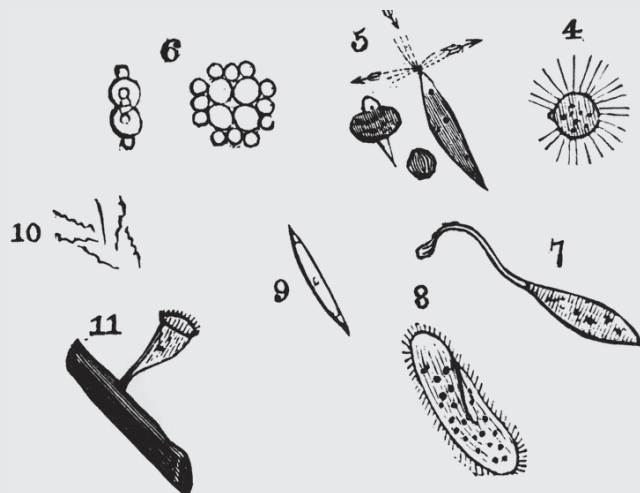


- 3** Von Menschen und von großen Säugetieren war seit Menschengedenken bekannt, dass sie von Müttern oder Muttertieren geboren werden. Andererseits machten Menschen Beobachtungen, die damit nicht im Einklang zu stehen schienen. So kam es vor, dass sie beim Öffnen eines Getreidesacks Mäuse vorfanden. Beim Aufräumen des Dachbodens konnte es vorkommen, dass in einem Stapel alter Kleidung ein Nest mit jungen Mäusen zum Vorschein kam, ohne dass Elterntiere in der Nähe waren.

Solche und ähnliche Beobachtungen nährten die Vorstellung, aus Getreide und alten Kleidern könnten Lebewesen wie Mäuse entstehen. Es gab sogar „Rezepte“ zur Herstellung von Mäusen.

- 4** Der niederländische Naturforscher **ANTONY VAN LEEUWENHOEK** (1632 — 1723) beobachtete 1675 durch ein selbst gebautes Mikroskop Einzeller und Bakterien in Wasserproben, die er Regentonnen und Pfützen entnommen hatte. Er bezeichnete die Lebewesen zusammenfassend als *Animalcules*.

Untersuchungen an Insekteneiern und Spermien machten ihn zu einem Gegner der Theorie der Spontanzzeugung, also der Entstehung von Lebewesen aus unbelebter Materie.

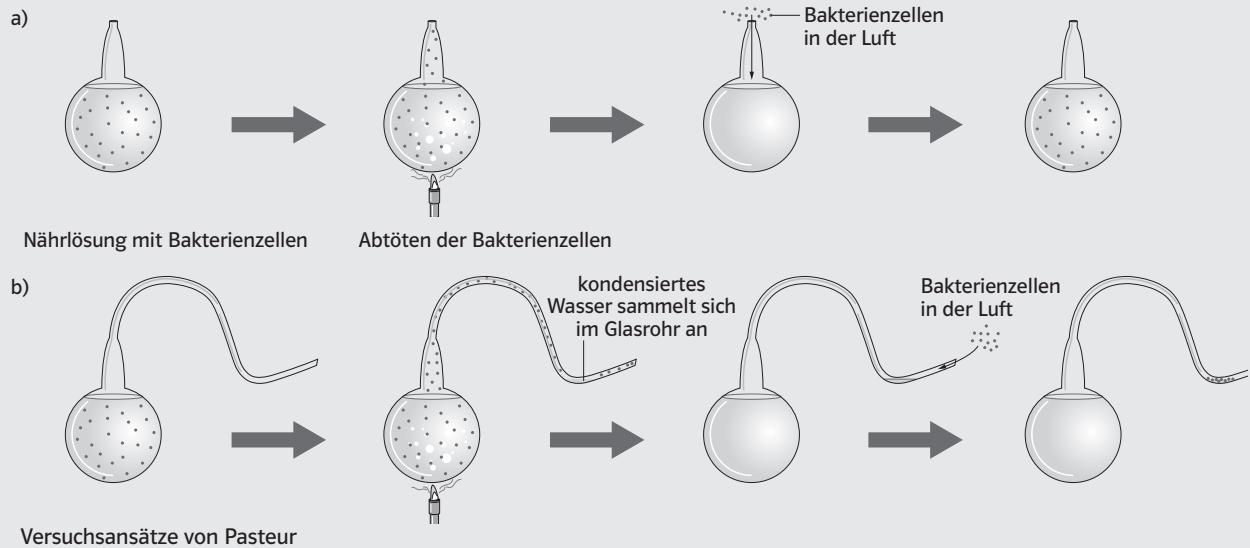


Animalcules-Darstellung nach van LEEUWENHOEK

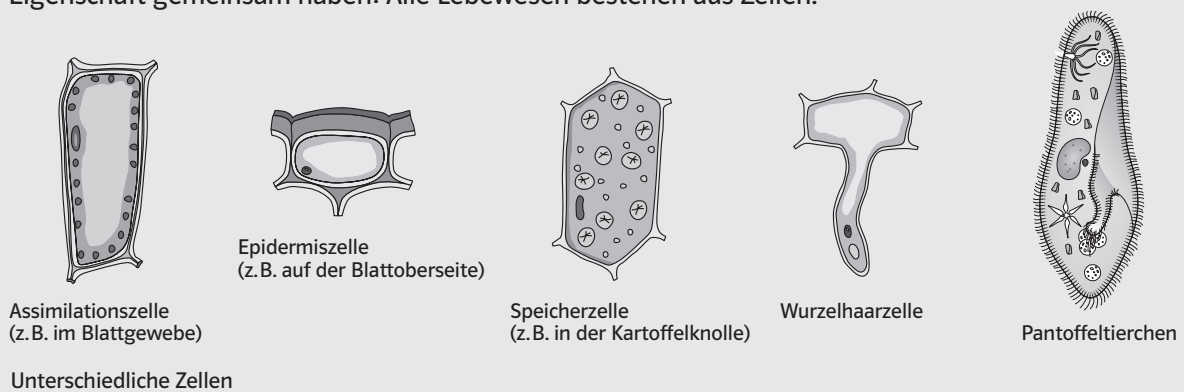


## Die Entstehung von Lebewesen (3)

- 5** Der französische Chemiker und Mikrobiologe LOUIS PASTEUR (1822–1895) führte Versuchsreihen durch, um die Frage zu klären, unter welchen Bedingungen Kleinstlebewesen anzutreffen sind.



- 6** Der Botaniker MATTHIAS SCHLEIDEN (1804–1881) und der Zoologe THEODOR SCHWANN (1810–1882) erkannten durch lichtmikroskopische Untersuchungen, dass alle Lebewesen trotz all ihrer Unterschiedlichkeit eine Eigenschaft gemeinsam haben: Alle Lebewesen bestehen aus Zellen.



- 7** THEODOR SCHWANN konnte an vielen Beispielen nachweisen, dass sich alle Zellen eines Vielzelllers aus einer befruchteten Eizelle entwickeln.

Der deutsche Arzt RUDOLF VIRCHOW (1821–1902) prägte den Satz: „Jede Zelle kann nur aus einer anderen Zelle entstehen.“ (lat. *Omnis cellula e cellula*).

Er führte Krankheiten auf Störungen von Körperzellen zurück.



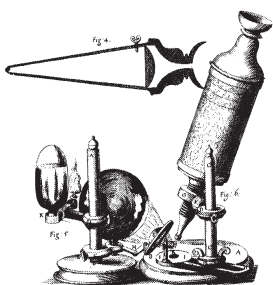
Stadien der Embryonalentwicklung

# Licht- und Fluoreszenzmikroskopie



## Schülerbuch Seite 15

- A1** Beschreiben Sie die Vorteile der Fluoreszenzmikroskopie im Vergleich zur herkömmlichen Lichtmikroskopie.
- *Spezifische Strukturen können genau lokalisiert und von anderen Strukturen abgegrenzt werden. Es sind mit dem STED-Verfahren sehr hohe Auflösungen möglich (Proteinebene).*
- A2** Das menschliche Haar hat einen Durchmesser von ca. 0,1mm. Bei Roten Blutzellen des Menschen beträgt der Durchmesser ca. 8 µm. Berechnen Sie, wie viele Rote Blutzellen nebeneinander gereiht den Durchmesser des Haares ergeben.
- *0,1mm entsprechen 10 000 µm; 10 000 µm : 8 µm = 1250 Erythrocyten; 1250 Rote Blutkörperchen aneinandergereiht ergeben die Dicke eines menschlichen Haares von 0,1mm.*



Hooke-Mikroskop

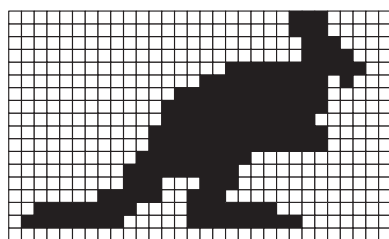
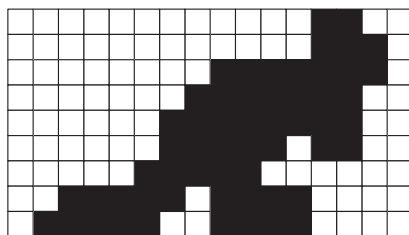


Leeuwenhoek-Gerät



## Arbeitsblatt Seite 21

- A1**
- 1) Okular (vergrößert das Zwischenbild)
  - 2) Tubus (bringt Okular in den entsprechenden Abstand und erzeugt Dunkelheit für die Entstehung des Zwischenbildes)
  - 3) Objektiv (entwirft vergrößertes Zwischenbild vom Objekt)
  - 4) Objektträger (bringt das Objekt in den Strahlengang)
  - 5) Objektstisch (zur Fixierung des Präparats)
  - 6) Kondensor (Linsensystem; führt zu angepasstem Beleuchtungsstrahlengang) mit Blende (Kontrastveränderung),
  - 7) Lichtquelle (durchstrahlt das Objekt)
  - 8) Fuß (trägt Mikroskop und beinhaltet Beleuchtung),
  - 9) Stativ (Halterung)
  - 10) Grobtrieb (Einstellung der Bildebene)
  - 11) Feintrieb (Scharfstellen des Bildes)



1 Raster und Auflösungsvermögen

- A2** Im Lichtmikroskop ist die Beleuchtungsquelle unter dem Präparat angebracht. Das Licht fällt durch die Linse im Objektiv und erzeugt ein Zwischenbild, das durch die Linse im Okular noch einmal vergrößert wird. Im Fluoreszenzmikroskop durchläuft das Licht der Lichtquelle zunächst den Anregungsfilter, der nur Licht einer bestimmten Wellenlänge (hier unter 420 nm) auf das Objekt gelangen lässt. Hierdurch werden bestimmte Moleküle zum Aufleuchten angeregt. Durch einen zweiten Filter wird nur die Fluoreszenzstrahlung im Okular zu Entstehung eines Bildes verwendet. Das untersuchte Objekt muss Strukturen oder Substanzen enthalten, die entweder von sich aus oder durch entsprechende Behandlung bei dieser Beleuchtung fluoreszieren. Außerdem muss das Mikroskop über spezielle Einrichtungen verfügen, die das Anregungslicht vom Fluoreszenzlicht trennen und so eine Bildentstehung möglich machen.



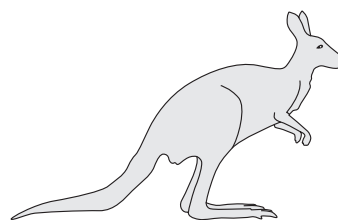
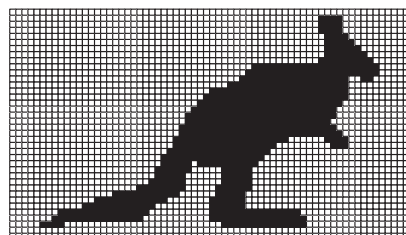
## Literaturhinweise

- HUISKEN, J. S. et. al.: Optical Sectioning Deep Inside Live Embryos by Selective Plane Illumination Microscopy. In: Science Vol. 305/2004, S. 1007-1009
- STRIPP, R. (Hrsg.): Lichtmikroskopie. In: Praxis der Naturwissenschaften, Heft 4/53, 2004



## Medienhinweise

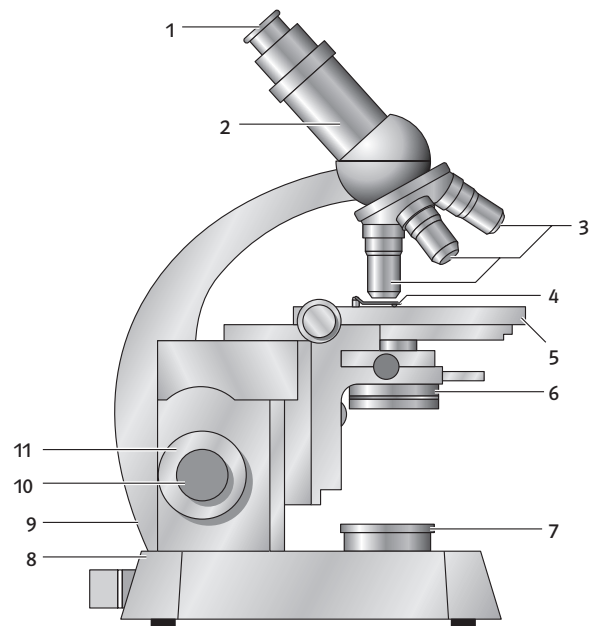
- FWU 4201702 Robert Hooke und die Zelle  
Hagemann Video 180113 Grundlagen der Zytologie  
Unter <http://www.mikroskopie.de> gibt es zahlreiche Links zu verschiedenen Firmen für Mikroskope und Präparate (mit zum Teil guten Abbildungen)



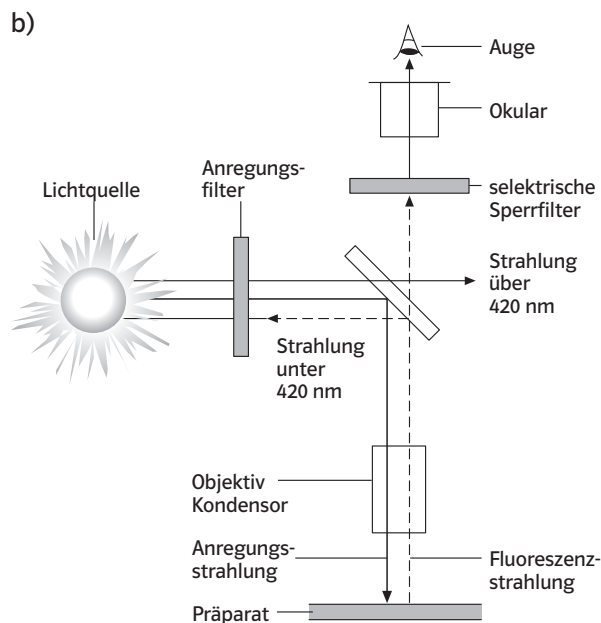
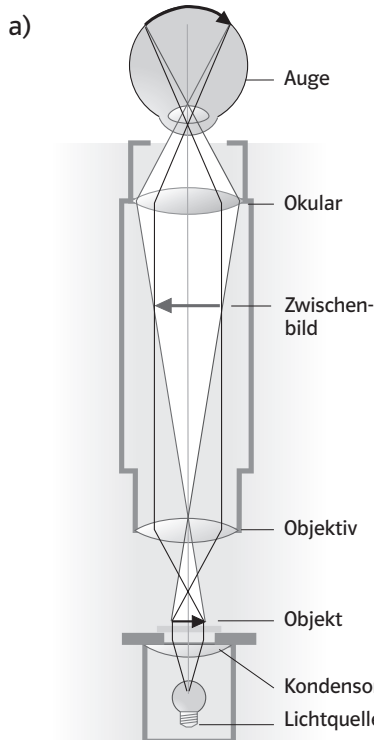
# Lichtmikroskopie

In der Geschichte der Zellbiologie hat das aus zwei Linsen zusammengesetzte Mikroskop von ROBERT HOOKE (1667) und das Vergrößerungsglas von ANTONY VAN LEEUWENHOOEK (um 1700) einen ersten Blick in die Welt der Zelle erlaubt. Heutige Mikroskope erzeugen das Bild durch verschiedenartige Bauprinzipien und können durch spezielle Verfahren unterschiedliche Details hervorheben.

Durch die Verwendung spezieller Farbstoffe kann man einzelne Strukturen im Objekt anfärben und so besser erkennbar machen. Bei der Phasenkontrastmikroskopie nutzt man die Tatsache aus, dass Licht beim Durchtritt durch verschiedene Zellbestandteile unterschiedlich stark gebrochen wird. Eine Veränderung am Kondensor führt zu einem deutlich kontrastreichen Bild.



1 Lichtmikroskop



2 Strahlengang im Lichtmikroskop (a) und im Fluoreszenzmikroskop (b)

- **A1** Beschriften Sie das Schema zum heutigen Lichtmikroskop (Abb. 1) und erläutern Sie kurz die Funktionen der einzelnen Bauteile.
- **A2** Bei der Fluoreszenzmikroskopie wird das Präparat mit kurzwelligem Licht bestrahlt. Die kurzwellige Strahlung regt bestimmte Moleküle im Objekt zur Fluoreszenz an. Vergleichen Sie anhand Abb. 2 den Strahlengang in einem Fluoreszenzmikroskop mit der in einem Lichtmikroskop und erklären Sie die Bedeutung der Filter hinsichtlich der Vorteile und der Einschränkungen der Fluoreszenzmikroskopie.



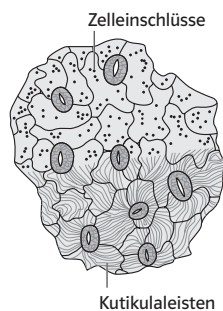
## Schülerbuch Seite 16/17

- A8** Die Skizze sollte zeigen, wie die Zellwände benachbarter Zellen jeweils aufeinanderstoßen. „Kreuzungen“ sollten vermieden werden.
- A9** Es sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass die skizzierte Zelle groß genug angelegt wird, um die Einzelheiten mit hinreichender Genauigkeit darstellen zu können. In der Regel sind die Mittellamellen und Tüpfel recht gut erkennbar, während das Cytoplasma häufig Schwierigkeiten bereitet. Der Hinweis darauf, die Blende etwas zu schließen und die „Zellenden“ genauer zu betrachten, ist oft hilfreich, da der Cytoplasmabelag dort dicker ist. Der Zellkern mit seinen Nucleoli ist meist als etwas kontrastreichere Struktur zu erkennen. Zell- und Tonoplastenmembran sind nicht direkt sichtbar. Sie müssen mithilfe anderer Methoden erarbeitet werden.
- A10** Durch Aufnahme von Methylenblau erscheinen die Zellen insgesamt dichter und kontrastreicher. Die Mundschleimhautzellen sind dann gut zu erkennen, der Zellkern ist deutlich zu identifizieren. Da die Zellen im Unterschied zur Zwiebelhaut einzeln auf dem Objektträger liegen und keine Zellwand besitzen, ist ihre Form unregelmäßig und die Oberfläche erscheint „zerknauscht“.

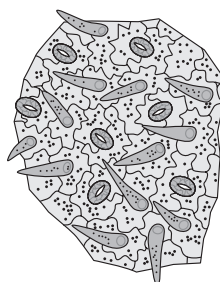


## Arbeitsblatt Seite 23

- A1** s. Abbildung
- A2** Die Blattabdrücke unterscheiden sich in Form und Anordnung der Spaltöffnungen (Unterseite der Blätter), auf der Oberseite fehlen die Spaltöffnungen. Thymian besitzt dornenartige Haare. Die Zellen bilden stets einen lückenlosen Verband, es gibt unterschiedliche Zellformen (s. Abbildung).
- A3** Die mikroskopischen Untersuchungen der getrockneten Gewürze zeigen im Wesentlichen Gewebe- und Zelltrümmer. Die Trockenpräparate lassen durch Luft einschüsse und ihre Dicke keine genaueren Untersuchungen zu. In Wasser untersucht werden einzelne Blattstrukturen deutlicher.



Liebstöckel-Blatt



Thymian-Blatt



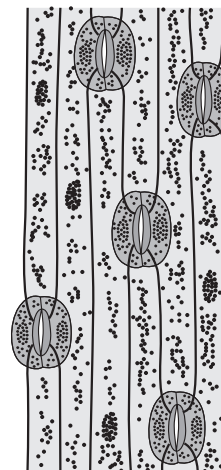
## Hinweise zu den Experimenten

Die Experimente zu den Gewürzpflanzen können arbeitsteilig in verschiedenen Gruppen durchgeführt werden. Die Skizzen in der Randspalte zeigen die Blattbesonderheiten im Schema.



## Literaturhinweise

- HAHN, H., MICHAELSEN, J.: Mikroskopische Diagnostik pflanzlicher Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel einschließlich Gewürze. Springer, Berlin 1996
- HOHMANN, B.: Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Lebensmittel und Futtermittel: der Gassner. Behr, Hamburg 2007
- PLATTNER, H., HENTSCHEL, J.: Zellbiologie. Thieme, Stuttgart 2006



Schnittlauch-Blatt

# Gewürze anhand von Blattabdrücken untersuchen

## Material:

Blätter von Liebstöckel, Thymian, Schnittlauch sowie deren trockene Gewürzzubereitungen, farbloser Nagellack oder Alleskleber, Mikroskop, Rasierklinge, Pinzette

## Durchführung:

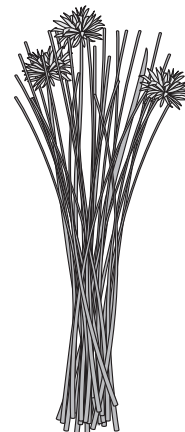
- Bestreichen Sie einige Blätter der Gewürzpflanzen ober- und unterseits dünn mit dem farblosen Nagellack oder einem Tropfen Alleskleber und lassen Sie die Blätter für ca. 20 Minuten trocknen. Ziehen Sie die Blattabdrücke danach mit der Pinzette ab.
- Untersuchen Sie währenddessen mit dem Mikroskop die getrockneten, geriebenen oder zerstoßenen Gewürze sowohl als Trockenpräparate wie auch in Wasser.
- Fertigen Sie möglichst dünne Oberflächen- bzw. Querschnitte von frischen Blättern an.



Liebstöckel



Thymian



Schnittlauch

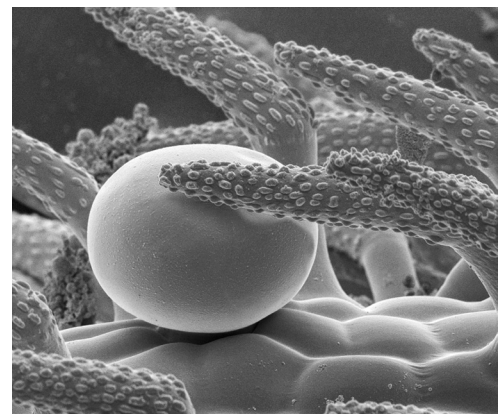
## 1 Beispiele für Gewürzpflanzen

### Das Dilemma der Pflanzen — Verdursten oder Ersticken?

Im Sonnenlicht drohen Pflanzen auszutrocknen. Um dies zu verhindern sind die Blätter mit einer wachsartigen Schicht (*Kutikula*) überzogen, das Wasser kann so nicht aus dem Blatt verdunsten. Die Kutikula verhindert aber gleichzeitig den Gasaustausch, also die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid und die Aufnahme bzw. die Ausstoßung von Sauerstoff. Der Gasaustausch ist für die Fotosynthese und die Zellatmung unerlässlich.

Eine Lösung bieten die Spaltöffnungen. Zellen der Epidermis sind zu Schließzellen umgeformt. Zwischen den Schließzellen findet sich eine Öffnung, durch die der Gasaustausch mit Zellen aus dem Blattinneren und der umgebenden Luft stattfinden kann. Verdunstet zu viel Wasser schließen sich die Spaltöffnungen und schützen so die Pflanze vor zu großem Wasserverlust — dann kann allerdings auch kein Gasaustausch mehr stattfinden. Sinkt die Temperatur können die Spaltöffnungen wieder geöffnet werden.

- **A1** Fertigen Sie eine Zeichnung der Präparate mit ihren Besonderheiten an und beschriften Sie die Skizzen. Stellen Sie zunächst bei schwacher Vergrößerung durch Zuziehen der Blende den Kontrast ein und zeichnen Sie dann bei stärkerer Vergrößerung.
- **A2** Beschreiben Sie die Anordnung der Spaltöffnungen bei den drei Gewürzpflanzen. Geben Sie an, welche besonderen Strukturen Thymian besitzt.
- **A3** Die Bestandteile der Gewürzzubereitungen lassen sich nur schwer einander zuordnen. Geben Sie Gründe dafür an.



2 Thymianblatt





- A1** Beschreiben und vergleichen Sie die elektronenmikroskopischen Bilder eines Mitochondriums in Abb. 1 und Abb. 2 unter dem Aspekt der TEM- und REM-Technik.
- *Das EM-Bild in Abb. 1 zeigt keine räumliche Anordnung, sondern nur die Schnittfläche von Räumen, die durch Membranen getrennt werden. Man erkennt nur die Schnittfläche der Membranen. Das EM-Bild in Abb. 2 zeigt eine räumliche Struktur. Die Membranen sind auch als Flächen zu erkennen.*
- A2** Erläutern Sie anhand von Abb. 3, wie man aus den Ultradünnschnitten zu einer räumlichen Darstellung gelangt.
- *Die einzelnen Schnitte der TEM-Abbildungen zeigen jeweils nur die Schnittfläche der Membranen. Durch das Anordnen der Schnittflächen übereinander ergibt sich eine räumliche Struktur, da die Schnittflächen unterschiedlich groß oder räumlich anders angeordnet sind.*



1 Transmissionselektronenmikroskop



- A1** Die lichtmikroskopische Aufnahme ist weniger scharf und detailreich, wegen der geringen Größe des Pollens befindet sich das Lichtmikroskop an der oberen Grenze des Auflösungsvermögens. Das REM-Bild ermöglicht die dreidimensionale Darstellung des Objekts und zeigt die Oberfläche des Pollens. Ohne den Pollen aufzubrechen ist es nicht möglich das Innere abzubilden. Die TEM-Aufnahme zeigt einen Ultradünnschnitt des Objektes. Hier kann das Innere des Pollens detailliert erkannt werden.
- A2** Lichtmikroskope verfügen nur über ein verhältnismäßig geringes Auflösungsvermögen, ermöglichen aber die Mikroskopie lebender Zellen. Ferner sind Präparate meist einfach anzufertigen und ermöglichen einen ersten Überblick auf das zu untersuchende Objekt. Da die benötigten Materialien und Geräte in der Anschaffung nicht sehr teuer sind, finden sie breitere Anwendung. Das TEM bietet das größte Auflösungsvermögen und dient in Forschung oder Diagnostik zur detaillierten Darstellung kleinster Strukturen, wie Zellbestandteilen, Viren oder der DNA. Allerdings ist die Herstellung eines Objektes mittels Ultradünnschnitttechnik besonders aufwändig. Sowohl bei Erzeugung von TEM- wie auch von REM-Aufnahmen muss für gewöhnlich der Kontrast erhöht werden, der Ultradünnschnitt entfällt bei dem REM-Verfahren aber. Das Auflösungsvermögen des REM ist geringer als das des TEM, aber deutlich größer als das des Lichtmikroskops. Die mittels REM erzeugten Bilder weisen eine hohe Tiefenschärfe auf.
- A3** Lichtmikroskope werden nach wie vor häufig verwendet, neben der Forschung beispielsweise auch in der Medizin oder der Kriminalistik. Sie ermöglichen eine meist ausreichende Vergrößerung, dienen der Gewinnung eines Überblickes, ermöglichen die Beobachtung lebender Zellen und sind verhältnismäßig einfach zu bedienen. REM und TEM gelangen nur dann zum Einsatz, wenn eine größere Auflösung oder Tiefenschärfe notwendig ist.



### Literaturhinweise

- MUNK, K. (Hrsg.): Biochemie — Zellbiologie. G. Thieme Verlag, Stuttgart 2008
- WANNER, G.: Mikroskopisch-Botanisches Praktikum. G. Thieme Verlag, Stuttgart 2004

# Vergleich mikroskopischer Aufnahmen

Es gibt eine Vielzahl kleiner, aber sehr relevanter Strukturen in der Biologie. Viele dieser Strukturen können nur unter dem Mikroskop betrachtet werden, da das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges zu gering ist, um sie zu erkennen.

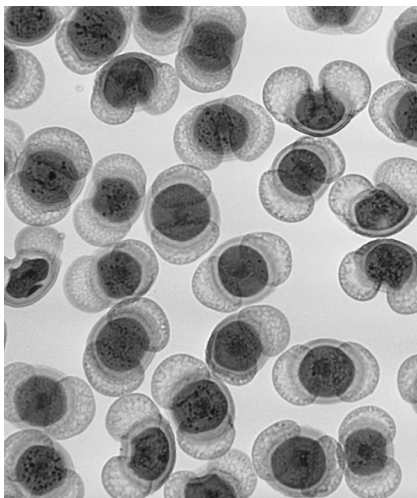
Ist auch das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskops zu gering, kann auf zwei verschiedene Arten der Elektronenmikroskopie zurückgegriffen werden, die *Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)* und die *Rasterelektronenmikroskopie (REM)*.

Die verschiedenen bildgebenden Verfahren bieten unterschiedliche Vor- und Nachteile. Mithilfe der elektronenmikroskopischen Verfahren können stärkere Vergrößerungen vorgenommen werden und so kleine Strukturen genauer betrachtet werden. Allerdings müssen die Objekte nach einem Verfahren vorbereitet werden, dass die Beobachtung lebender Zellen ausschließt. Die in Zellen stattfindenden Prozesse können daher nicht in ihrem Ablauf beobachtet werden. Will man verschiedene Stadien eines Prozesses darstellen, gelingt dies nur durch die Mikroskopie mehrerer Zellen in einem jeweils unterschiedlichen Stadium.

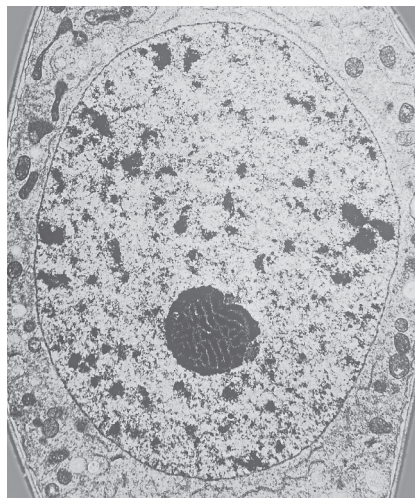


1 Andentanne

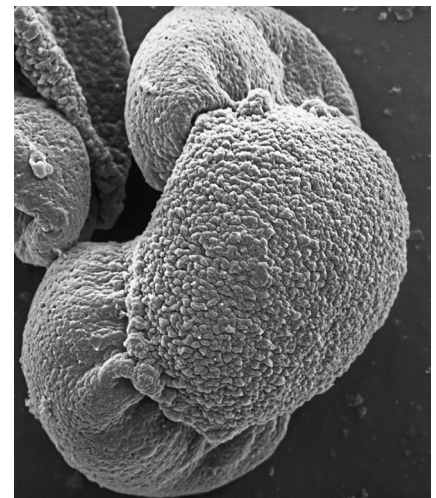
Unter dem Lichtmikroskop hingegen können auch lebende Zellen beobachtet werden. So kann beispielsweise die Geschwindigkeit der Protoplasmaströmung in Pflanzenzellen gemessen werden oder die Bewegung von Bakterien untersucht werden. Außerdem ist die Herstellung von Objekten zur lichtmikroskopischen Untersuchung weniger aufwändig.



Lichtmikroskopisches Bild



TEM-Bild



REM-Bild

2 Drei Aufnahmen eines Pollens der Andentanne (*Araucaria araucana*)

- **A1** Beschreiben und vergleichen Sie die Abbildungen eines Pollens der Andentanne, die mithilfe des Lichtmikroskops, des TEM und des REM aufgenommen wurden (Abb. 2).
- **A2** Stellen Sie die Vor- und Nachteile der drei Mikroskopieverfahren gegenüber. Hierbei können Sie auch auf das Schulbuch zurückgreifen oder eine Internetrecherche durchführen.
- **A3** Nehmen Sie Stellung zu folgender Aussage: „Lichtmikroskope sind eine veraltete Technik, die heute nicht mehr benötigt wird.“ Begründen Sie Ihre Position.

# Der Bau tierischen und pflanzlicher Zellen



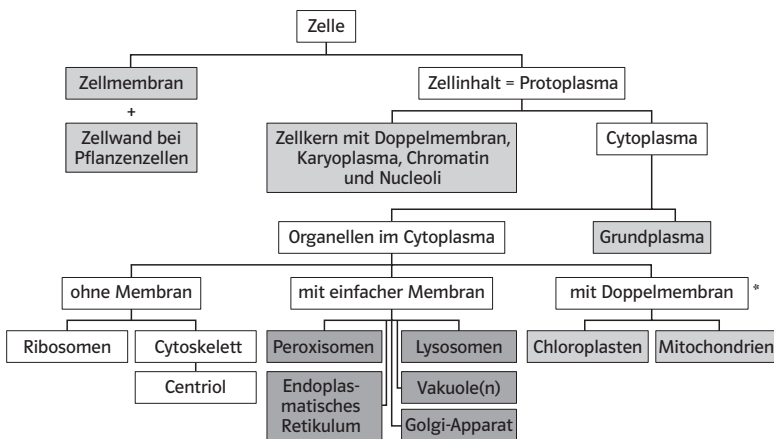
## Schülerbuch Seite 21

- A1** Ordnen Sie die verschiedenen Organellen nach gemeinsamen Kriterien. Legen Sie hierbei anhand der Informationen im Text Ordnungskriterien selbst fest.
- *Ordnungskriterien können sein: Die Größe der Organellen, die Membran als Doppelmembran, Einfachmembran oder keine Membran, die Funktion und Bedeutung in der Zelle, ob die Organellen sich teilen können oder nicht.*



## Arbeitsblatt Seite 27

- A1** Lösung siehe Tabelle. Beispiel könnten sein: Die äußere Hüllmembran der Mitochondrien grenzt an das Cytoplasma und an den Inter-membranraum (nicht plasmatisch), die innere Membran hat die Matrix als plasmatische Phase. Bei Organellen mit einfacher Membran ist die eine Seite jeweils dem Cytoplasma, die andere der nicht plasmatischen Phase zugewandt.
- A2** Bläschen schnüren sich von einer Membran ab und können mit einer anderen verschmelzen. Hierdurch entstehen neue Kompartimente oder es verschmelzen zwei Kompartimente zu einem. Trotzdem bleibt in beiden Fällen die Kompartimentierungsregel erhalten, d.h. stets grenzt eine Membran eine plasmatische Phase von einer nicht plasmatischen ab.



\*) Der Zellkern könnte auch hier eingeordnet werden, ist aber aufgrund seiner besonderen Funktion ausgegliedert.

### 1 Kompartimente einer Zelle

- A3** Durch die Kompartimentierung werden Stoffwechselwege getrennt, die dadurch effektiver, störungsfreier und regulierbar ablaufen. Membrangebundene Prozesse finden auf der großen Oberfläche der inneren Membran der Mitochondrien bzw. an den Membranen des ER und der Dictyosomen statt. Volumenmäßig dominiert das Cytoplasma. Die Leberzellen der Ratten weisen einen hohen Volumenanteil an Mitochondrien auf. Auch das raue und glatte ER ist relativ stark ausgeprägt, bei einem Verhältnis des glatten zum rauen ER von ca. 1 zu 2. Die Leberzelle hat demzufolge einen hohen Energiestoffwechsel (*Mitochondrien*) und eine hohe Produktivität, vor allem hinsichtlich der Enzymproduktion (*raues ER*).



## Literaturhinweise

- ALBERTS, B.: Molekularbiologie der Zelle. Wiley-VCH, Weinheim 2003
- GOODSELL, D.: Wie Zellen funktionieren – Wirtschaft und Produktion in der molekularen Welt. Spektr. Akad. Verlag, Heidelberg 2010

Zellorganelle mit Einfachmembran	Funktion
Plasmamembran	Filter und Kontaktzone zum Außenbereich, Abgabe und Aufnahme von Signalen und Stoffen
ER und Dictyosomen	Synthese, Speicherung, Transport von Stoffen (Fette, Eiweiße usw.)
Vakuole	Abbau, Ablagerung, Speicherung von Stoffen

Zellorganelle mit Doppelmembran	Funktion
Zellkern	DNA-Replikation
Mitochondrien	Zellatmung, Energiegewinnung
Chloroplasten	Fotosynthese

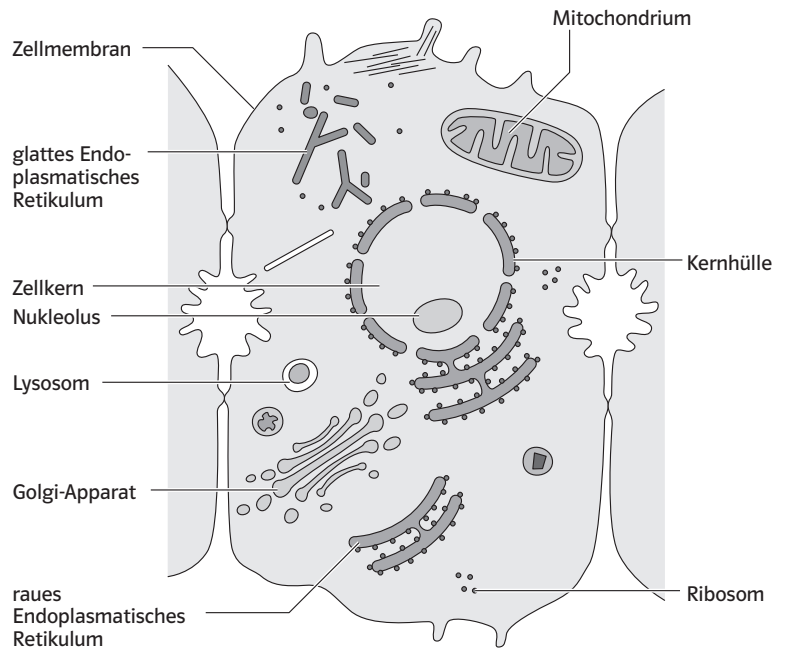
Zellorganelle ohne Membran	Funktion
Ribosomen	Ort der Eiweißsynthese

### 2 Lösung zu Aufgabe 2 (Arbeitsblatt)



# Kompartimentierung einer Zelle

Die *Kompartimentierungsregel*, die 1965 von E. SCHNEPF aufgestellt wurde, besagt, dass eine biologische Membran stets eine nicht plasmatische Phase von einer plasmatischen Phase trennt. Stoffwechselreaktionen können in den plasmatischen Bereichen, den nicht plasmatischen Bereichen und membrangebunden ablaufen. Die Abbildung 1 zeigt schematisch die Kompartimentierung einer Zelle. Die Tabelle (Abb. 2) gibt an, welchen Anteil Zellorganellen einer Rattenleberzelle an allen in der Zelle vorhandenen Volumina bzw. Oberflächen haben.



1 Kompartimentierung am Beispiel einer Leberzelle

Zellbestandteile	absolutes Volumen ( $\mu\text{m}^3$ )	Anteil am Zellvolumen (%)	Anzahl der Strukturen (Absolutwerte)	Oberflächen ( $\mu\text{m}^2$ )
gesamte Zelle	4940	100	(1)	1740
Zellkern	300	6	1	
Cytoplasma	4640	94		
<b>Im Cytoplasma enthalten:</b>				
Grundplasma und restliche Komponenten	2723	53,8		
Mitochondrien	1070	21,7	1665	außen: 7450 innen: 34 800
Dictyosomen (Golgi-Stapel)	< 50	< 1	mehrere	
Lysosomen	41	0,8	ca. 100	
Endoplasmatisches Retikulum (ER)	756	15,4		63 000
davon:				
glattes ER		5,9		25 100
raues ER (rER)	289	9,5		37 900
rER-gebundene Ribosomen	467	ca. 2		
			1,27 x 10 <sup>6</sup>	

2 Anteil verschiedener Komponenten an einer „typischen“ Säugetierzelle (Zellen der Rattenleber)

- **A1** Stellen Sie in einer Übersicht Zellorganellen mit Doppelmembran und einfacher Membran sowie deren Funktionen tabellarisch zusammen. Erläutern Sie die Kompartimentierungsregel. Verwenden Sie hierfür auch Informationen aus dem Schulbuch.
- **A2** Wie abgeschnürte Bläschen zeigen, ist in der aktiven Zelle das Membransystem in ständiger Bewegung. Wird dadurch die Kompartimentierungsregel durchbrochen? Begründen Sie Ihre Einschätzung.
- **A3** Erläutern Sie, welche biologische Bedeutung die Kompartimentierung für eine Zelle hat. Geben Sie Schlussfolgerungen an, die aus den Daten in Abb. 2 hinsichtlich der wesentlichen Reaktionsräume bzw. Reaktionsflächen gezogen werden können.

# Zellbestandteile werden isoliert



## Schülerbuch Seite 23

- A1** Erklären Sie in einem Text, welche Bedeutung die Zentrifugation für Wissenschaftler bei der Erforschung der Zelle hat.
- *Um die Funktion der einzelnen Organellen untersuchen zu können, müssen sie getrennt von den anderen Organellen vorliegen. Eine Möglichkeit, die Organellen voneinander zu trennen, ist die Dichtegradientenzentrifugation. Hierbei ist die unterschiedliche Dichte der Organellen die Voraussetzung, sehr kleine Strukturen voneinander zu trennen.*
- A2** Vergleichen Sie in einem kurzen Text die Differentialzentrifugation mit der Dichtegradientenzentrifugation.
- *Die Differentialzentrifugation nutzt die unterschiedliche Sedimentationsgeschwindigkeit der verschiedenen Organellen. Durch Tests wird die Zeit ermittelt, bis sich die jeweiligen Organellen am Boden absetzen. Der Rest bleibt im Überstand. Bei der Dichtegradientenzentrifugation lassen sich in den verschiedenen Dichtezonen die der Dichte entsprechenden Organellen gleichzeitig auftrennen und absaugen.*
- A3** In einem Modellversuch werden drei Tischtennisbälle mit verschiedenen konzentrierten Kochsalzlösungen gefüllt. Gibt man die Bälle in einen Standzylinder mit Wasser, sinken alle drei auf den Boden. Löst man Rohrzucker in dem Standzylinder auf, beginnen zwei zu schweben, der dritte bleibt unten liegen. Erklären Sie dieses Modellexperiment unter dem Aspekt der Dichtegradientenzentrifugation.
- *Die verschiedenen Konzentrationen der Kochsalzlösung in den Tischtennisbällen führen dazu, dass sie sich je nach Dichte in der Zuckerlösung anordnen. Sie entsprechen den verschiedenen Organellen, die Zuckerlösung der Lösung im Zentrifugenglas. Alles zusammen wäre das aufgetrennte Homogenat.*



## Arbeitsblatt Seite 29

- A1** Wenn genug Salz zu dem Wasser im Glaszylinder gegeben wurde, beginnt jener Tennisball mit der am stärksten verdünnten Lösung zu schweben. Wird weiteres Salz hinzugegeben, erhebt sich auch der zweite Tennisball. Jener Tennisball mit der gesättigten Lösung verbleibt in Bodennähe.
- A2** Ist die Dichte der Lösung im Glaszylinder höher als die Dichte der Lösung im Tennisball steigt dieser auf. Wird stetig Salz hinzugegeben, erhebt sich zunächst der Tennisball mit der geringsten Verdünnung, da dieser die geringste Dichte aufweist. Jener Tennisball mit der gesättigten Lösung steigt nicht an die Oberfläche, da bei gleicher Temperatur die Dichte der gesättigten Lösung in dem Tennisball nicht geringer sein kann als in dem Glaszylinder.

**A3** Ein Verfahren, welches nach diesem Prinzip Zellorganellen isoliert, muss eine Flüssigkeit verwenden, deren Dichte höher ist als die des Zellorganells. Zellorganellen weisen unterschiedliche Dichten auf und steigen folglich bei unterschiedlich konzentrierten Lösungen auf. An der Oberfläche können Organellen entnommen werden und stehen nun der Analyse zur Verfügung. Sind alle Zellbestandteile einer bestimmten Dichte entnommen, kann die Konzentration des Mediums erhöht werden, um Zellorganellen einer höheren Dichte aufsteigen zu lassen.

**A4** Bei dem Modellversuch ist die Dichte der Lösung im Glaszylinder weitestgehend einheitlich. Bei der Dichtegradientenzentrifugation werden hingegen in einem Zentrifugenglas verschiedene Dichtezonen eingerichtet, sodass ein Dichtegradient entsteht. Hierdurch ist es möglich, innerhalb eines Behältnisses verschiedene Körper unterschiedlicher Dichte in einem Durchgang zu trennen. Bei dem Modellversuch wurde auch eine Zentrifuge zum Einsatz gebracht, bei der Dichtegradientenzentrifugation hingegen beschleunigen die Zentrifugalkräfte das Einwandern der zu trennenden Körper in die jeweilige Dichtezone.

## Z Dichte von Zellbestandteilen

Die einzelnen Zellbestandteile weisen eine ähnliche Dichte auf, aber in den meisten Fällen nicht gleiche (Werte nach ROBINSON und HINZ, Abb. 1). Die in den Banden nach der Dichtegradientenzentrifugation angereicherten Organellen können elektronenmikroskopisch identifiziert werden. Damit kann auch die Reinheit der Bande ermittelt werden.

Organell	Dichte ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
Kernhülle	1,30 – 1,32
Chloroplasten	1,25
Mitochondrien	1,25
Golgi-Vesikel	1,12 – 1,15
raues ER	1,13 – 1,18
glattes ER	1,08 – 1,12
Zellmembran	1,13 – 1,18

### 1 Dichte von Zellbestandteilen nach ROBINSON und HINZ



## Literaturhinweise

- PLATTNER H., HENTSCHEL, J.: Zellbiologie, Thieme Verlag, Stuttgart 2011
- RICHTER, G.: Praktische Biochemie – Grundlagen und Techniken. Thieme Verlag, Stuttgart 2003
- ROBINSON, D. G., HINZ, G.: Organelle isolation. In: HAWES, C., SATIAT-JEUNEMAITRE, B., eds. Plant Cell Biology. Oxford University Press, Oxford 2001, S. 295 – 323

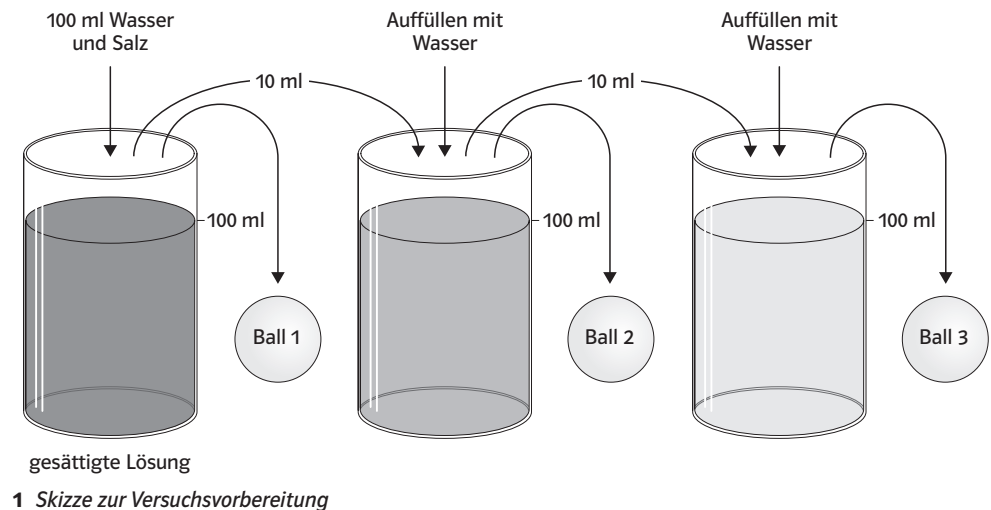


## Nach Dichte getrennt — ein Modellversuch

In einer Zelle arbeiten die Zellorganellen zusammen. Wie kann man aber herausfinden, welche Funktion zum Beispiel Ribosomen oder Mitochondrien haben? Zur Beantwortung dieser Frage, isoliert man die Zellbestandteile. Hierzu nimmt man einige gleichartige Zellen und zerstört ihre Zellmembran. Dadurch entsteht ein „Brei“ aus Zellmembrantrümmern, Cytoplasma und Zellorganellen, der als *Homogenat* bezeichnet wird.

In diesem Homogenat können sich die Organellen unabhängig voneinander bewegen. Damit ist die Voraussetzung für die Trennung der Organellen gegeben. In einem Trennungsverfahren nutzt man die Tatsache, dass die meisten Zellbestandteile eine unterschiedliche Dichte haben. Die Dichte bezeichnet das Verhältnis des Volumens zur Masse eines Körpers. Auch gleich große Zellbestandteile (gleiches Volumen) können eine unterschiedliche Masse und daher eine unterschiedliche Dichte aufweisen.

Die Funktionsweise eines solchen Trennungsverfahrens kann man an folgendem Modellversuch erkennen.



### Material:

3 Tischtennisbälle, Spritze (50 ml) mit Injektionsnadel, Salz, Wasser, 3 Bechergläser (min 150 ml), Glaszylinder (in welchem die 3 Tischtennisbälle nebeneinander liegen können, min. 15 cm hoch), Messzylinder, wasserfester Stift

### Durchführung:

Stellen Sie eine gesättigte Salzlösung her, indem Sie 100 ml Wasser in ein Becherglas geben und unter Rühren Salz hinzufügen, bis sich weiteres Salz nicht mehr auflöst. Erstellen Sie hieraus eine Verdünnungsreihe nach (Abb.1).

Ziehen Sie die Spritze mit der gesättigten Lösung auf und injizieren Sie diese in einen Tischtennisball, bis dieser vollständig gefüllt ist und keine Luft mehr enthält. Beschriften Sie den Tischtennisball, um die Bälle später unterscheiden zu können. Injizieren Sie anschließend auch die beiden anderen Lösungen in je einen Tischtennisball.

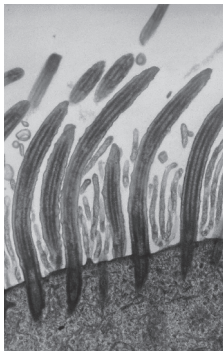
Füllen Sie den Glaszylinder mit Wasser und geben Sie die Tischtennisbälle hinein. Lassen Sie nun Salz einrieseln und beobachten Sie die Tischtennisbälle.

- ☐ **A1** Führen Sie den Modellversuch durch und beschreiben Sie das Ergebnis.
- ☒ **A2** Erklären Sie ihre Beobachtungen aus dem Modellversuch.
- ☒ **A3** Leiten Sie aus den Ergebnissen des Modellversuchs ein Verfahren ab, mit dem man Zellorganellen isolieren kann.
- ☒ **A4** Informieren Sie sich mithilfe des Schulbuchs über die Dichtegradientenzentrifugation. Vergleichen Sie das Vorgehen mit dem Modellversuch.

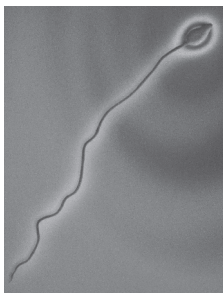


## Schülerbuch Seite 25

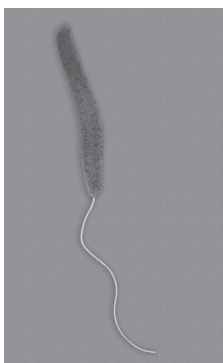
- A1** Fassen Sie tabellarisch die verschiedenen Funktionen des Cytoskeletts zusammen.
- Die Bedeutung des Cytoskeletts liegt in der Stützfunktion, der Verankerung von Organellen und der Bewegung. Bei der Bewegung geht es um die Bewegung der Zelle durch Veränderungen der Filamente an der Membrannenseite und die Bewegung von Organellen, Vesikeln oder großen Molekülen.
- A2** Erstellen Sie anhand der Abb. 5 ein Drehbuch zur Bewegung der Motorproteine auf den Mikrotubuli.
- In dem Drehbuch muss ATP aufgenommen sein, welches zu ADP und Phosphat wird. Die Energie gelangt zu den Molekülen der Motorproteine. Die Energie ermöglicht eine Bewegung der beiden Füßchen der Motorproteine, welche dadurch ihre Lage auf dem Cytoskelettfilaments ändert. Hierdurch hebt sich wie beim Laufvorgang ein Füßchen, während das andere unbewegt bleibt. Durch das Vorstrecken und nach vorn Kippen des erhobenen Füßchens kommt es zu einer Vorwärtsbewegung.



Zelle aus der Luftröhre mit Cilien



Spermien mit einer Geißel

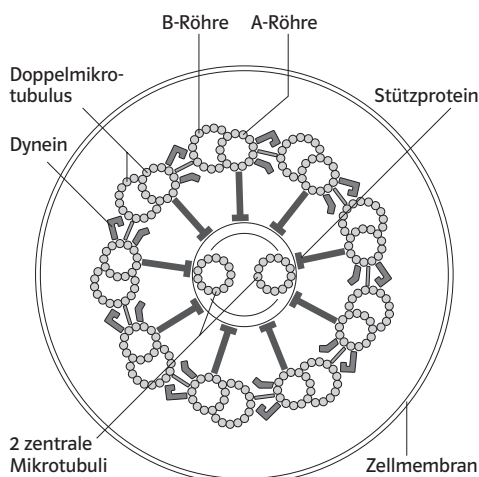


Bakterium mit Flagellum



## Arbeitsblatt Seite 31

- A1** Die Anordnung der Mikrotubuli als Paare im Randbereich der Geißel ermöglicht das Entlangsschieben der A-Röhre an der B-Röhre mittels Dynein. Da die Röhren miteinander verbunden sind, führt dies zu einer Biegung beider Röhren und letztendlich der Geißel. Die Anordnung der Mikrotubuli-Röhren in Kreisform dient der Stabilität und ermöglicht eine Bewegung in jede Richtung.



1 Querschnitt durch eine Geißel (schematisch)

- A2** Spermien bewegen sich mithilfe von Geißeln. Kann kein Dynein gebildet werden, können sich die Mikrotubuli-Röhren nicht gegeneinander verschieben und die Geißel kann sich nicht bewegen. Die Spermien sind folglich bewegungsunfähig und können daher nicht zu einer Eizelle gelangen, um diese zu befruchten. Dass sich Schleim und kleine Fremdkörper bei Personen mit dieser Krankheit in der Lunge sammeln, legt die Vermutung nahe, dass diese anderenfalls auch durch Geißelbewegungen aus der Lunge empor transportiert werden.

## Begriffsverwirrung

In der Literatur wird teilweise von *Geißeln*, *Cilien* (Zilien) oder *Flagellen* gesprochen. Geißeln und Cilien folgen demselben Aufbau und unterscheiden sich maßgeblich dadurch, dass Cilien kürzer sind und eine Zelle oft über viele Cilien verfügt (etwa im Flimmerepithel der Atemwege). Geißeln hingegen sind länger und kommen in geringer Stückzahl, meist einzeln, in Zellen vor (beispielsweise bei Spermien).

Flagellen hingegen finden sich bei Prokaryoten, sie liegen außerhalb der Zellmembran und sind aus dem Proteinmolekül Flagellin aufgebaut.

## Forschung zum Aufbau der Mikrotubuli

Erkenntnisse zum Aufbau der Mikrotubuli stoßen auf vielen Gebieten auf Interesse. Im Bereich der Medizin wird schon länger ihre Bedeutung für die Krebsforschung debattiert, da der Aufbau der Mikrotubuli verhindert werden kann, um so die Zellteilung der Krebszellen zu manipulieren. Erforscht wird auch, ob es möglich ist, Medikamente in bestimmte Bereiche der Zelle zu bringen, in dem man sie in Mikrotubuli einbringt, da die Röhren gezielt wachsen.

Auch für die Entwicklung und Verbesserung künstlicher Nanomaterialien bietet der Aufbau der Mikrotubuli interessante Erkenntnisse, da Mikrotubuli sehr biegsam sind, jedoch steifer werden, je länger sie werden.



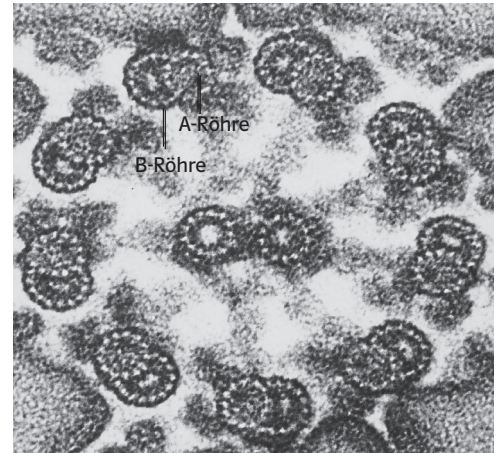
## Literaturhinweise

- MUNK, K. (Hrsg.): Mikrobiologie. G. Thieme Verlag, Stuttgart 2008
- PAMPALONI, F. et. al.: Thermal fluctuations of grafted microtubules provide evidence of a length-dependent persistence length. In PNAS 2006. Vol 103, no. 27 (Englisch)
- <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-4971-2006-07-04.html>

# Bewegung ohne Muskeln

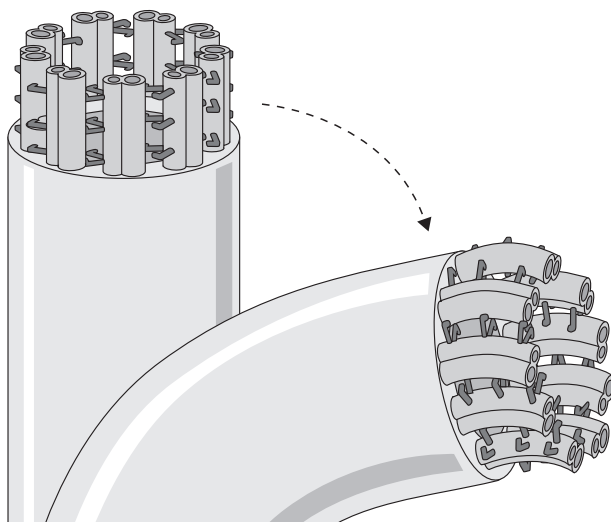
Unseren Körper können wir bewegen, indem wir Muskeln anspannen. Einzeller und Bakterien verfügen nicht über Muskeln, können sich aber trotzdem fortbewegen. Auch im menschlichen Körper finden sich Zellen, die dazu befähigt sind, zum Beispiel Spermienzellen. Sie nutzen hierfür Geißeln.

Geißeln sind Ausstülpungen einer Zelle, deren eines Ende am Basalkörper im Cytoplasma entspringt, während das andere Ende in das umgebende Medium ragt, dabei aber immer von der Plasmamembran umgeben ist. Im Querschnitt durch eine Geißel erkennt man, dass diese aus Mikrotubuli aufgebaut sind. Mikrotubuli dienen folglich nicht nur dem Transport in der Zelle, sondern können in Geißeln auch Zellen bewegen. Die Mikrotubuli in einer Geißel sind typischerweise nach dem 9+2-Muster angeordnet, d.h. neun Mikrotubuli-Paare umgeben ringförmig zwei zentrale Mikrotubuli (Abb.1).

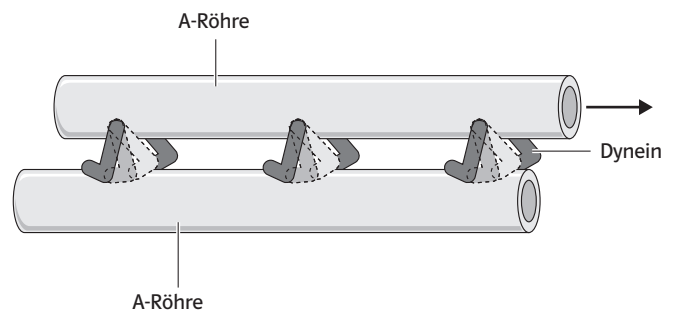


1 Querschnittes durch eine Geißel (TEM-Aufnahme)

Auf der Oberfläche der Mikrotubuli finden sich Proteine. Für die Bewegung ist das Protein *Dynein* von entscheidender Bedeutung. Es ist in der A-Röhre fest verankert und kann sich an der benachbarten B-Röhre entlang schieben. Dazu benötigt es Energie. Da die Mikrotubuli innerhalb einer Geißel über weitere Proteine miteinander verbunden sind, beugt sich die Geißel in eine Richtung. Anschließend erfolgt die Bewegung in die Gegenrichtung. Durch dieses Vor- und Zurückschnellen wirkt die Bewegung peitschenartig.

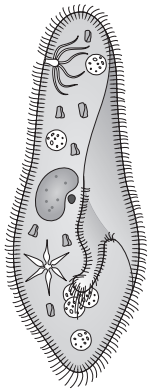


2 Schematische Darstellung der Geißelbewegung



3 Mikrotubuli-Paar bei Bewegung

- A1 Erläutern Sie die Bedeutung der Anordnung der Mikrotubuli in einer Geißel als Paare und in der Kreisform.
- A2 Eine Erbkrankheit beruht auf dem Fehlen von Dynein. Die führt zu Atemproblemen, da sich Schleim und kleine Fremdkörper in der Lunge ansammeln. Bei Männern führt es auch zur Unfruchtbarkeit. Ermitteln Sie die Zusammenhänge.

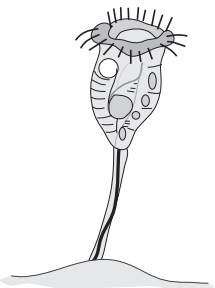


Pantoffeltierchen



### Schülerbuch Seite 26

- A1** Stellen Sie mithilfe einer Skizze den Lichteinfall bei einer rotierenden Euglena dar und erklären Sie daran die Ausrichtung zum Licht.
- In der Skizze muss eine Lichtquelle an einem unveränderten Ort sein. Euglena hat im Bereich der Geißel den Augenfleck. In den verschiedenen Skizzen wird die Rotation von Euglena dadurch verdeutlicht, dass die Lage des Fotorezeptors und des Augenflecks sich zum Licht hin ändert. Einmal ist der Augenfleck im Lichtstrahl, das andere mal der Fotorezeptor. Fällt das Licht nicht auf den Fotorezeptor, wird die Bewegung der Geißel erhöht, bis die Ausrichtung zum Licht wieder erfolgt ist.

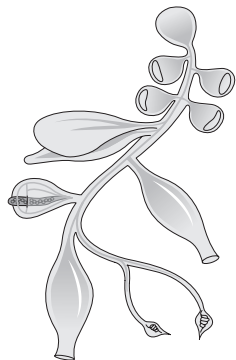


Glockentierchen



### Schülerbuch Seite 27

- A1** Erklären Sie, warum es sich bei der im Text beschriebenen Reihung um eine Modellvorstellung für die Entwicklung von Mehrzellern handelt.
- Ein Denkmodell stellt die Repräsentation eines originalen Ablaufs dar, wobei der originale Prozess unzählige Details und Zwischenschritte aufweist, während das Denkmodell sich auf die wesentlichen Abläufe und Zwischenschritte bzw. Zwischenformen konzentriert. Die beschriebenen, heute vorkommenden Arten stellen denkbare Zwischenschritte bei der Entwicklung zu Vielzellern dar. Diese Arten stammen aber nicht voneinander ab.



Staatsqualle



### Arbeitsblatt Seite 33

- A1** Choanoflagellaten sind tierische Einzeller, in Form der Choanocyten der Schwämme aber Teil eines Vielzellers. Schwämme sind echte Vielzeller mit einer Arbeitsteilung. Chlamydomonas ist ein pflanzlicher Einzeller, die weiteren Grünalgen sind Zellkolonien. Hier teilen sich die Zellen, trennen sich aber nicht (Zellteilungskolonien). Volvox ist ein einfacher Mehrzeller (hoch organisierte Zellkolonie) mit somatischen und generativen Zellen. Dictyostelium ist ein Beispiel für eine Aggregationskolonie, die sich unter ungünstigen Umweltbedingungen bildet.
- A2** Die individuelle Lösung kann z. B. auf die Vorteile der Arbeitsteilung und den Nachteil, dass nicht mehr alle Zellen „ewig“ leben, eingehen.



### Pantoffeltierchen, Wimperntierchen und Staatsqualle

#### Das grüne Pantoffeltierchen

*Paramecium bursaria* enthält mehrere hundert Chlorella-Zellen, die ihren heterotrophen Wirt mit Produkten der Fotosynthese versorgen und von ihm mit anorganischen Ionen und CO<sub>2</sub> beliefert werden. Die Verdauung der grünen „Gäste“ wird durch ein Oberflächenprotein der Chlorellen verhindert. Das grüne Paramecium ist im Gegensatz zu anderen Pantoffeltierchen phototaktisch. Unter geeigneten Umständen sind sowohl die Paramecien als auch die Chlorella-Zellen alleine lebensfähig, werden aber dank ihres Selektionsbonus nur vergesellschaftet vorgefunden (s. Randspalte).

#### Bäumchenähnliche Wimperntierchen

Einige Ciliaten haben glocken- oder trompetenähnliche Formen und sind gestielt (*Stentor*, *Vorticella*). Sie sitzen dann in Kolonien zusammen auf einem Substrat. Carchesium- und Zoothamnium-Arten bilden baumartige oder fiederförmige Zusammenschlüsse aus mehr als hundert Individuen. Bei *Zoothamnium* unterscheiden sich ältere Einzelzellen in Bau und Funktion: Einige sind Fresszellen, andere sorgen für die ungeschlechtliche Vermehrung der Kolonie und eine dritte Form wird zu Schwärmern, die sich von der Kolonie ablösen und andernorts neue Kolonien gründen (s. Randspalte).

#### Die Staatsqualle

Die Quallen gehören wie der Süßwasserpolyt zu den Nesseltieren. Eine Staatsqualle besteht aus vielen Einzelorganismen, die ungeschlechtlich durch Knospung aus einer einzigen Quallenlarve entstanden sind. Sie bleiben über einen gemeinsamen Magen-Darm-Raum miteinander verbunden, sind aber selbst stark spezialisiert. Einige dienen der Fortbewegung, andere der Ernährung oder Fortpflanzung. Keines der Einzeltiere ist allein lebensfähig (s. Randspalte).

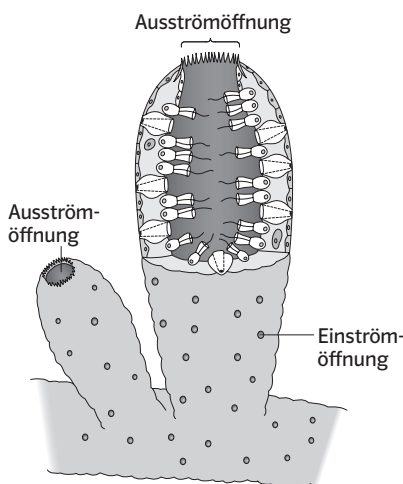


# Einzeller, einfache Mehrzeller oder echte Vielzeller?

**Vielzeller** und **Einzeller** unterscheiden sich nicht nur in der Zahl der Zellen. Ein Einzeller vereinigt alle zu seinem Leben notwendigen Fähigkeiten einschließlich der Reproduktion in einer einzigen Zelle. In einem Vielzeller sind die Zellen differenziert und spezialisiert (*Arbeitsteilung*). Zur Reproduktion dienen geschlechtliche oder ungeschlechtliche Vorgänge, alle Zellen kommunizieren miteinander. Zur Bewältigung aller Aufgaben verfügen vielzellige Organismen über ein komplexeres Genom, sodass sich die Tendenz ergibt: Höher entwickelte Organismen besitzen ein vielfältigeres Genom.

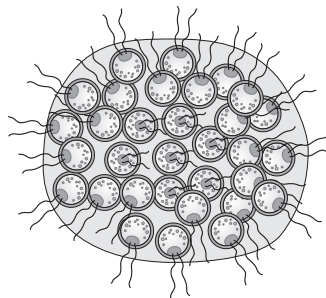
## Vom „Kragengeißler“ zum Schwamm

Ein *Kragengeißeltierchen* (*Choanoflagellat*) ist ein meist festsitzender, chlorophyllloser Einzeller. Mithilfe seines Kragens fischt er Nahrungspartikel wie mit einer Reuse aus dem Wasser. Ähnlich gebaute Zellen findet man auch in Schwämmen. Ihr Körper wird von einer gallertartigen Stützschrift gebildet, auf die außen Deckzellen aufgelagert und innen Kragengeißelzellen eingelagert sind. In Kammern angeordnet, dienen sie der Nahrungsaufnahme. Ähnlich den frei lebenden Flagellaten erzeugen sie mit ihren Geißeln einen Wasserstrom, aus dem sie die Partikel mithilfe ihres Kragens abfangen. Amöboide Zellen in der Stützschrift übernehmen weitere Funktionen wie z. B. die Ausbildung von Fortpflanzungszellen.



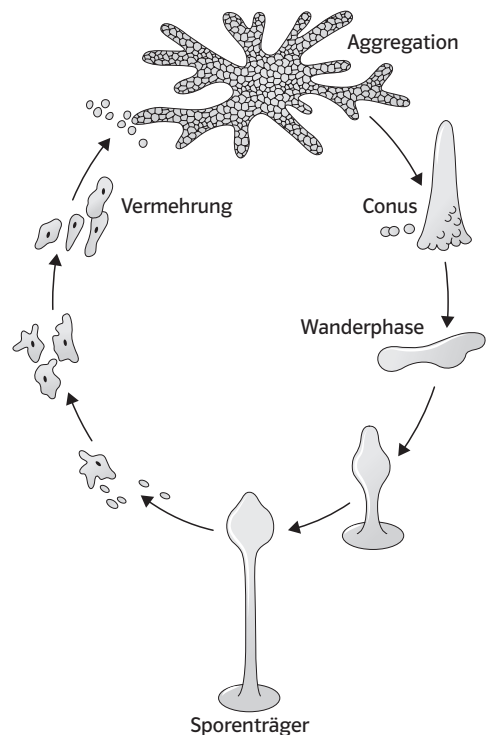
## Vielfältige Grünalgen

Bei *Chlamydomonas* bleiben die vier Tochterzellen, die in zwei Teilungsschritten der ungeschlechtlichen Vermehrung entstehen, nur kurzfristig zusammen. Bei *Gonium* sind 4 bis 16 ähnliche Zellen dauerhaft verbunden, können aber auch einzeln weiterleben. *Pandorina* (16 Zellen) und *Eudorina* (32 bis 64 Zellen) sind vergleichbare Beispiele. Die Kugelalge *Volvox* hat schließlich mehrere tausend Zellen, wovon einige der Fortbewegung und Ernährung, andere aber nur der Fortpflanzung dienen. Hier gibt es die erste „Leiche“, da die vegetativen Zellen absterben.



## Der Schleimpilz Dictyostelium

Die amöboiden Zellen kommen in humusreichen Waldböden vor. Sie leben bei ausreichendem Nahrungsangebot einzeln und können sich auf einem Bakterienrasen in nur 3 Stunden verdoppeln. Versiegt die Nahrungsquelle, bewegen sich die Zellen aufeinander zu. Diese Aggregationsphase wird durch ein Alarmsignal, das einzelne Zellen aussenden, ausgelöst. Etwa 100 000 finden sich zu einem Plasmodium zusammen, das sich fortbewegen und in einem Fruchtkörper Sporen bilden kann.



## 1 Drei Lebewesen im Vergleich

- **A1** Untersuchen Sie die im Text genannten verschiedenen Einzelbeispiele, ob es sich um einen Einzeller, einfachen Mehrzeller oder echten Vielzeller handelt und begründen Sie Ihre Zuordnung.
- **A2** Bewerten Sie Vor- und Nachteile, die Vielzeller nach Ihrer Meinung im Vergleich zu Einzellern haben.



# Zelldifferenzierung bei pflanzlichen Zellen

## Zelldifferenzierung bei tierischen Zellen



### Schülerbuch Seite 29

- A1** Mehrere Gewebetypen, die sich untereinander ergänzen, werden als Organ bezeichnet. Informieren Sie sich, welche Organe bei Pflanzen unterschieden werden und welche Funktion sie erfüllen.
- Pflanzen besitzen die folgenden drei Grundorgane: Blatt, Wurzel und Spross (= Stamm)
    1. Die Funktion des Blattes: Ort der Fotosynthese und des Gas-/Wasseraustausches sowie Schutz der Knospen
    2. Die Funktion der Wurzel: Verankerung/ Befestigung im Boden; Speicherort für zahlreiche Stoffe; Wasser- und Nährstoffaufnahme über feinste Haarwurzeln
    3. Spross: Festigung der gesamten Pflanze, oft auch zusätzlich durch Lignin-Einlagerung; Stofftransport zwischen Wurzel und Blatt.

#### Basiskonzepte

Die Strukturebenen der Organisation von Lebewesen können unter dem Aspekt des **Basiskonzepts System** betrachtet werden.



### Arbeitsblatt Seite 35

- A1** Hier sind eine Vielzahl individueller Lösungswege möglich. Ein Beispiel wäre: Lipid (Molekül) – Mitochondrium (Organell) – Nervenzelle (Zelle) – Nervengewebe (Gewebe) – Gehirn (Organ) – Mensch (Organismus). Jede höhere Organisationsebene enthält dabei mehrere, verschiedenartige Strukturen aus der darunter liegenden, beispielsweise verfügt der Mensch über weitere Organe. Im Gehirn finden sich weitere Gewebearten, usw.
- A2** Beispielsweise können Menschen sehen, obwohl (auf der Organebene) das Auge selbst visuelle Reize nicht deuten kann, bzw. das Gehirn selbst dem Licht nicht ausgesetzt ist. In der Netzhaut (Gewebeebene) wird Licht in Nervenimpulse umgewandelt, aber nicht ausgewertet, die Stäbchen der Netzhaut (Zellebene) sind lichtempfindlich, dienen aber weder der Farbwahrnehmung noch ergibt

das Signal eines einzelnen Stäbchens ein Gesamtbild. Die Mitochondrien (Organellebene) in den Stäbchen unterscheiden sich nicht von denen in anderen Körperteilen, sie produzieren ATP, sind aber nicht lichtempfindlich. In der Membran der Mitochondrien befinden sich Phospholipide (molekulare Ebene), die weder an der Reizwahrnehmung noch der Reizverarbeitung beteiligt sind. Erst durch das Zusammenspiel aller unteren Organisationsebenen ergibt sich auf der Ebene des Organismus Mensch die Fähigkeit die Umgebung zu sehen. Das Ganze (der Organismus) verfügt insofern über Fähigkeiten, über die kein Bestandteil des menschlichen Körpers allein verfügt.

- A3** Bei Einzellern entfallen die Organisationsebenen Gewebe und Organ. Sie stellen dennoch ein lebensfähiges System dar, dessen Bestandteile auf den unteren Ebenen, beispielsweise der der Organellen, zusammenwirken. Insofern trifft die Bezeichnung „Organismus“ zu, obwohl Einzeller sich nicht auf allen Organisationsebenen beschreiben lassen.



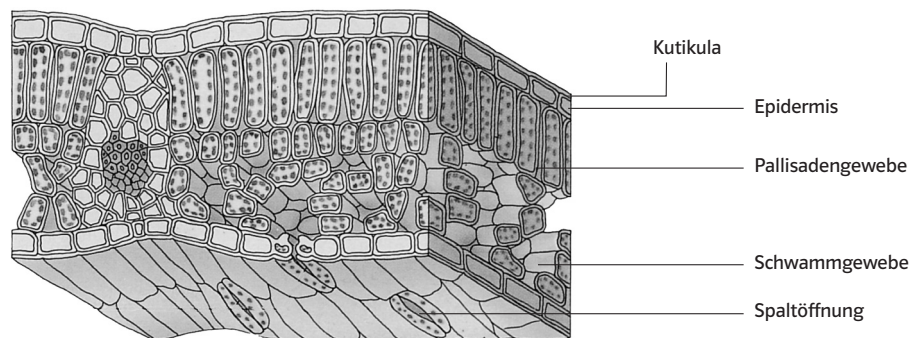
### Gewebe erkennen

An vielen mikroskopischen Präparaten kann leicht erkannt werden, dass Zellen gleicher Bauweise zu Geweben gruppiert vorkommen, beispielsweise bei einem Blattquerschnitt (Abb. 1). Der morphologische Vergleich und die Zuordnung differenzierter Zellen zu spezifischen Geweben entsprechend dem Kernlehrplan, bieten sich als Einstieg an.



### Literaturhinweise

- CAMPBELL, N., REECE, J.: Biologie. Spektrum Verlag, Heidelberg 2003  
MUNK, K. (Hrsg.): Biochemie — Zellbiologie. wG. Thieme Verlag, Stuttgart 2008



1 Blattquerschnitt eines Laubblatts (zweikeimblättrige Pflanze)

# Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Einzelteile

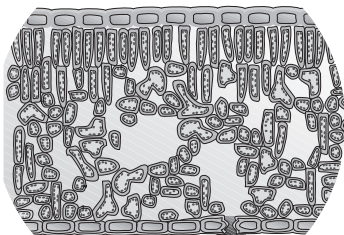
Ein Lebewesen kann auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden. Beispielsweise kann man einen Baum als Ganzes untersuchen oder auch nur eine Zelle eines Blattes. Man spricht hier von *Strukturebenen*, die hierarchisch angeordnet sind, also aufeinander aufbauen. Letztendlich ist jedes Lebewesen aus Atomen aufgebaut, welche sich zu Molekülen zusammenlagern, aus denen Organellen aufgebaut sind, die eine Zelle bilden, usw.

## Ebenen der Organisation



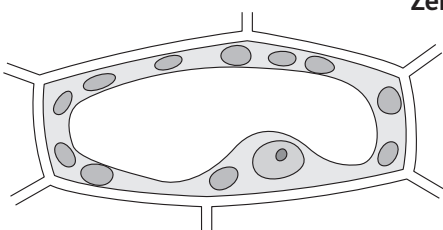
**Organ**

Ein *Organ* ist aus mehreren verschiedenen Gewebearten aufgebaut. Ein Laubblatt beispielsweise verfügt über eine Kutikula, Palisadengewebe, Schwammgewebe und Leitgewebe. Erst die Zusammenarbeit der einzelnen Gewebearten ermöglicht die Funktion des Organs.



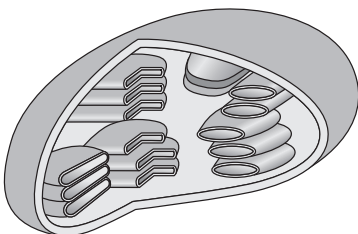
**Gewebe**

Mehrere gleichartige Zellen können gemeinsam ein *Gewebe* bilden, das eine bestimmte Funktion übernimmt. Die Fotosynthese findet beispielsweise in einem Blatt hauptsächlich im Palisadengewebe statt. Dieses Gewebe besteht aus großen Zellen, die besonders viele Chloroplasten enthalten.



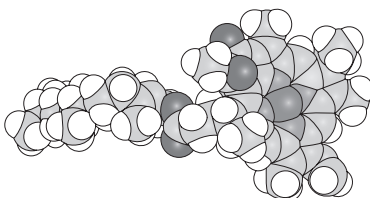
**Zelle**

Einzelne *Zellen* können sehr unterschiedlich beschaffen sein, je nach ihrer Funktion. Die Steinzellen in einem Kirschkern sind beispielsweise anders beschaffen, als die Zellen in einem Blatt. Zellen enthalten oft viele Zellorganellen, wie Chloroplasten. Es gibt Lebewesen, die aus einer einzelnen Zelle bestehen.



**Organell**

Die verschiedenen Reaktionsräume der Zellen werden als *Organellen* bezeichnet. Organellen haben jeweils spezifische Funktionen. Die Fotosynthese findet bei Pflanzen beispielsweise in den Chloroplasten statt.



**Molekül**

*Moleküle* sind aus mehreren Atomen aufgebaut. Die Anzahl der Atome und deren Anordnung sind entscheidend für die Eigenschaften des Moleküls. Das hier modellhaft dargestellte Chlorophyllmolekül ermöglicht es den Blattzellen, das Sonnenlicht für die Zuckerherstellung zu nutzen.

- ☐ **A1** Beschreiben Sie die einzelnen Ebenen der Organisation an einem konkreten Beispiel für den menschlichen Organismus.
- ☒ **A2** Nehmen Sie Stellung zur Überschrift und finden Sie Beispiele.
- ☒ **A3** Einzeller werden ebenfalls als Organismen bezeichnet. Geben Sie an, welche Organisationsebenen bei Einzellern fehlen und diskutieren Sie, ob die Bezeichnung als Organismus trotzdem zutrifft.

# Bakterien sind anders

## Endosymbiose

### Schülerbuch Seite 30

**A1** –siehe Tabelle

Merkmal, Bestandteil	Procyte	Eucyte
Grundbaustein	aller Bakterien	alle übrigen Organismen (Eukaryoten)
Kern	nicht vorhanden	vorhanden
Mitochondrium	nicht vorhanden	vorhanden
Chloroplast	nicht vorhanden	vorhanden
Kompartimentierung	kaum ausgeprägt	ausgeprägt
inneres Membransystem	kaum ausgeprägt	ausgeprägt
Ribosomen	vom 70-S-Typ (Prokaryoten-Typ)	80-S-Typ (Eukaryoten-Typ)
Zellvolumen	um 3 mm <sup>3</sup>	100- bis 1000-mal größer
DNA	ringförmig, keine Chromosomen	Chromosomen; zusätzlich in Chloroplasten und Mitochondrien
Zellwand	häufig vorhanden, aus Murein	bei Pflanzenzellen aus Cellulose

### Schülerbuch Seite 31

- A1** Prüfen Sie die Übereinstimmung zwischen Aussagen der Endosymbiontentheorie und den Angaben in Abb. 1.
- Prokaryoten weisen starke Ähnlichkeiten mit Chloroplasten und Mitochondrien auf, u.a. im Ribosomen-Sedimentationskoeffizienten (70 S), in der Erbsubstanz (ringförmig), in der Vermehrung (Teilung), im Membranaufbau (dünn, spezielle Phospholipide) und in der Fähigkeit, auch isoliert begrenzt lebensfähig zu sein. Die Abweichung in der Hülle lässt sich durch die Aufnahme durch Eukaryoten (Verschmelzung) erklären. Die Aussagen in der Tabelle und im Text stimmen überein.

### Hinweis zum Unterricht

Je nach Unterrichtsverlauf können zum Vergleich auch Zellen anderer Eukaryoten mikroskopiert werden. Die Wirkung von Färbemitteln lässt sich auch gut an einem Zupfpräparat der Zwiebel-schuppe einer Küchenzwiebel demonstrieren, deren milchig-durchsichtige Haut ungefärbt sehr kontrastarm ist.

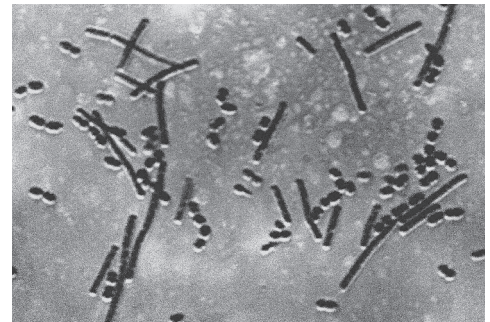
## **Z** Mikroskopieren eines Kefirkorns

Kefir ist ein schwach alkoholisches Getränk, das entsteht, wenn Milch mit Kefirkörnern versetzt wird. Im Kefirkorn sind unterschiedliche Mikroorganismen enthalten, die sich von der Milch ernähren und sich vermehren.

Zur Vorbereitung der Mikroskopie spült man ein Kefirkorn unter fließendem Wasser gut ab. Dann schneidet man ein kleines Stück ab, bringt es zwischen zwei Objektträger und zerquetscht es vorsichtig. Nach dem Auseinanderziehen der Objektträger sollte auf beiden ein dünner Belag sichtbar sein.

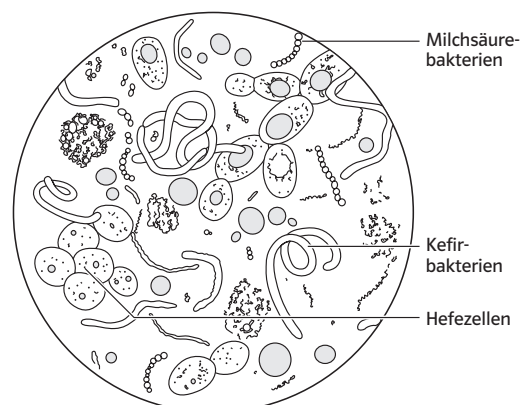
### Arbeitsblatt Seite 37

- A1** (Hinweis: Für das Zeichnen sollte die stärkste Vergrößerung gewählt werden.)
- A2** individuelle Lösung, meist Bazillen oder Kokken
- A3** Die Mundschleimhautzelle ist deutlich größer als die Milchsäurebakterien. In der Mundschleimhautzelle können Strukturen erkannt werden, etwa der Zellkern, in den Milchsäurebakterien nicht.



**1** Milchsäurebakterien

Danach wird das Präparat ca. 4 min mit Methyleneblaulösung gefärbt. Überschüssiger Farbstoff wird mit Wasser abgespült. Dann legt man ein Deckglas auf und mikroskopiert bei stärkester Vergrößerung. Man kann unterschiedliche Lebewesen erkennen (Abb. 2).

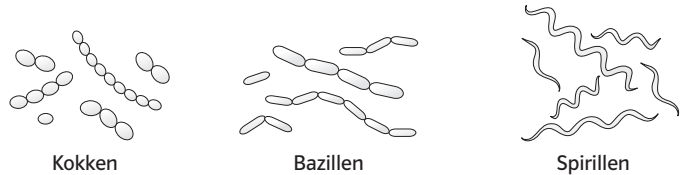


**2** Mikroorganismen im Kefirkorn

# Mikroskopische Untersuchung von Milchsäurebakterien

Bakterien sind den meisten Menschen vor allem im Zusammenhang mit Krankheiten geläufig. Doch es gibt viele Bakterien, die für den Menschen nützlich sind. Bakterien im menschlichen Darm zerkleinern Nahrungsbestandteile und machen sie uns zugänglich und sind ein Teil der Immunabwehr. Nahrungsmittel wie Joghurt oder Sauerkraut können nicht ohne Bakterien hergestellt werden. In der medizinischen Forschung werden von Bakterien produzierte Stoffe zur Entwicklung von Medikamenten verwendet.

Bakterien können sehr unterschiedliche Formen und Größen haben, sind aber im Allgemeinen kleiner als tierische oder pflanzliche Zellen.



1 Drei Beispiele für Bakterienformen

## Mikroskopie von Milchsäurebakterien aus Joghurt

### Material:

Joghurt, Methylenblaulösung, Brenner, Mikroskop, Objektträger, Deckgläschen, Reagenzglashalter oder Tiegelszange

### Durchführung:

Man gibt auf einen Objektträger einen Tropfen Joghurt und einen Tropfen Wasser und verrührt beides miteinander. Anschließend zieht man einen zweiten Objektträger über den Joghurt, sodass auf dem ersten Objektträger nur ein dünner Film zurückbleibt. Es wird mit dem ersten Objektträger mit dem dünnen Joghurtfilm weiter gearbeitet. Diesen bewegt man mit der Reagenzglasklammer oder einer Tiegelszange langsam durch eine Brennerflamme, bis der Tropfen trocken ist (Hitze-fixierung). Nun wird das Präparat mit der Methylenblaulösung gefärbt. Nach fünf Minuten spült man die überschüssige Farbe ab. Dann wird das Präparat mit einem Deckglas abgedeckt und mikroskopiert.



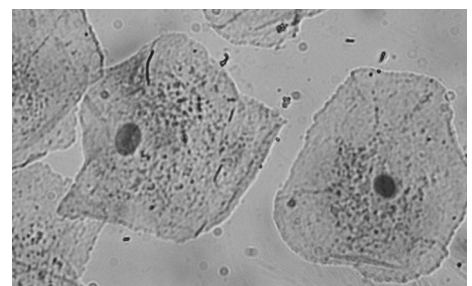
## Mikroskopie von Mundschleimhautzellen

### Material:

Holzspatel oder Löffel, Methylenblaulösung, Fließpapier, Mikroskop, Objektträger, Deckgläser

### Durchführung:

Man fährt mit dem Spatel oder Löffel mehrfach über die Schleimhaut der Wangeninnenseite und überträgt das Abgeschabte auf den Objektträger. Wenn sich kaum Speichel auf dem Objektträger befindet, gibt man einen Tropfen Wasser darauf. Nach dem Abdecken mit dem Deckgläschen saugt man 1 bis 2 Tropfen Methylenblaulösung unter das Präparat, indem man die Lösung direkt neben das Deckglas tropft und auf der gegenüberliegenden Seite mit dem Fließpapier Flüssigkeit absaugt.



- ☐ **A1** Mikroskopieren Sie Milchsäurebakterien wie oben beschrieben.
- ☒ **A2** Ordnen Sie die Bakterien, die Sie gefunden haben, den Bakterienformen (Abb.1) zu.
- ☒ **A3** Mikroskopieren Sie Mundschleimhautzellen. Vergleichen Sie die beiden mikroskopischen Präparate.