

# Markl Biologie

Oberstufe Einführungsphase

## Lösungen

Herausgegeben von:  
Jürgen Markl

Autorinnen und Autoren:  
Maria Beier  
Holger Knerich  
Ralf Küttner  
Matthias Nolte

Ernst Klett Verlag  
Stuttgart · Leipzig

## 1. Auflage

1 5 4 3 2 1 | 26 25 24 23 22

Alle Drucke dieser Auflage sind unverändert und können im Unterricht nebeneinander verwendet werden.

Die letzte Zahl bezeichnet das Jahr des Druckes.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis §60a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und/oder in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische, digitale oder andere Wiedergabeverfahren nur mit Genehmigung des Verlages.

Nutzungsvorbehalt: Die Nutzung für Text und Data Mining (§44b UrhG) ist vorbehalten. Dies betrifft nicht Text und Data Mining für Zwecke der wissenschaftlichen Forschung (§60d UrhG).

© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2022. Alle Rechte vorbehalten. [www.klett.de](http://www.klett.de)

Das vorliegende Material dient ausschließlich gemäß §60b UrhG dem Einsatz im Unterricht an Schulen.

**Herausgeber:** Prof. Dr. Jürgen Markl

**Autorinnen und Autoren:** Maria Beier, Holger Knerich, Ralf Küttner, Dr. Matthias Nolte

Entstanden in Zusammenarbeit mit dem Projektteam des Verlages.

Satz: tiff.any GmbH & Co. KG, Berlin

Printed in Germany  
ISBN 978-3-12-150060-4

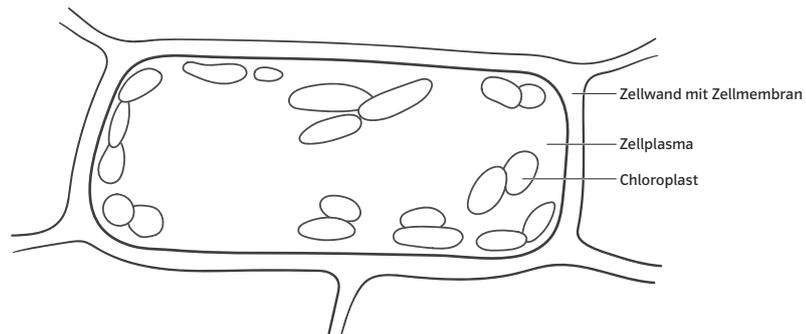
# Zelle

1

## Die Zelle – Grundeinheit des Lebens

### S. 16 1.1 Lichtmikroskope zeigen den einheitlichen Aufbau von Lebewesen aus Zellen

**A1** Fertigen Sie eine schematische Zeichnung von einer der Zellen aus [Abb. 1] an und beschriften Sie die erkennbaren Bestandteile.



**A2** Geben Sie mithilfe der [Abb. 2] die mikroskopischen Verfahren an, mit denen Bakterien gesehen bzw. beobachtet werden können.

Elektronenmikroskopie (TEM und REM), Fluoreszenzmikroskopie. Einige Bakterien können auch lichtmikroskopisch beobachtet werden. Allerdings können Einzelheiten des Baus nicht erkannt werden.

### S. 18 1.2 Die besondere Struktur einer Zelle ermöglicht ihre spezielle Funktion

**A1** Erläutern Sie die Bedeutung von Stammzellen in Organismen.

Stammzellen sind nicht spezialisierte Zellen in Tieren. Durch ihre Zellteilung entstehen neue Stammzellen und andere Zellen (Folgezellen), die sich zu verschiedenen Zelltypen differenzieren und bestimmte Aufgaben im Organismus übernehmen. Ausdifferenzierte Zellen können sich nicht mehr teilen.

**A2** Beschreiben Sie bei den Saumzellen und der Nervenzelle aus [Abb. 1] den Zusammenhang von Struktur und Funktion.

Saumzellen besitzen auf ihrer Oberfläche sehr viele kleine Auswüchse (= Mikrovilli). Dadurch entsteht eine sehr große Oberfläche. Die Struktur ermöglicht einen intensiven Stoffaustausch.

Nervenzellen haben lange Fortsätze mit denen sie untereinander, aber auch mit anderen Zellen, verbunden sind. Diese Struktur ermöglicht die Kommunikation miteinander.

### S. 20 1.3 Schemazeichnungen vereinfachen stark, doch erklären viel

**A1** Nennen Sie die Funktionen der Sehzellen in [Abb. 1].

Zelltyp	Funktion
Lichtsinneszelle (= Sehzellen)	Umwandlung des Lichtreizes in eine Information
Nervenzellen	Informationsverarbeitung
Deckzellen	Abschirmung (lichtundurchlässige Schicht)

**A2 Beschreiben Sie Strukturen und Eigenschaften, die es den Sehzellen ermöglichen, ihre biologische Funktion zu erfüllen.**

Die Lichtsinneszellen (= Sehzellen) haben am Zellkörper einen Kolben zum Empfang der Lichtreize. Mit den ebenfalls vorhandenen Ausläufern der Zelle können sie die Information weiterleiten.

Lichtsinneszellen sind in der Lage, Lichtreize in Informationen zu wandeln, die von Nervenzellen empfangen und weitergeleitet werden können.

S. 21 **1.4 Zellverbände bilden Gewebe und Organe**

**A1 Erläutern Sie mithilfe von [Abb. 1] den Zusammenhang zwischen Zellen, Gewebe, Organ und Organismus.**

Becher- und Saumzellen sind Zelltypen, die den Darm schützen und die Nährstoffaufnahme gewährleisten. Sie bilden als geordneter Zellverband das Epithelgewebe. Gemeinsam mit dem Bindegewebe (Schutzfunktion) und dem Muskelgewebe (ermöglicht Bewegung) bilden sie das Organ Dünndarm, in dem der Nahrungsbrei weiterbewegt und die Nährstoffe entzogen werden können. Der gesamte Organismus (z. B. Mensch) funktioniert aber nur, wenn verschiedene Organe wie z. B. Herz, Blutgefäße, Darm, Muskelsystem, Knochen usw. zusammenarbeiten.

**A2 Die Zellen und Gewebe der Laubblätter entwickeln sich aus wenigen gleichartigen Zellen in den Blattknospen. Erklären Sie an diesem Beispiel den Begriff Zelldifferenzierung.**

Die Zelldifferenzierung ist ein Vorgang, bei dem sich aus gleichartigen, teilungsfähigen Zellen (Stammzellen/Meristemzellen) Zellen mit speziellen Aufgaben im Stoffwechsel entwickeln. Aus den ursprünglich gleichartigen Meristemzellen in einer Blattknospe entwickeln sich spezialisierte Zellen im Laubblatt, wie z. B. die zur Fotosynthese fähigen Zellen des Palisadengewebes, die Transportzellen in den Blattadern oder die hochspezialisierten Schließzellen der Spaltöffnungen.

S. 23 **1.5 Im Elektronenmikroskop sieht man winzige Zellbestandteile**

**A1 Vergleichen Sie Lichtmikroskopie und Transmissions-Elektronenmikroskopie tabellarisch.**

	Lichtmikroskopie	Transmissions-Elektronenmikroskopie
Objekt	wird durchstrahlt	
Strahlungsart	Licht	Elektronen
Vergrößerung	100- bis 1000-fach	10 000- bis 100 000-fach
Auflösungsgrenze	200 nm	0,1 nm
Lebendbeobachtung	möglich	nicht möglich
Bilder	farbig	schwarzweiß

**A2 In populärwissenschaftlichen Zeitschriften werden oft beeindruckende farbige REM-Bilder abgedruckt. Erklären Sie, was bei der Interpretation solcher Farbbilder zu beachten ist.**

REM liefern nur Bilder in Graustufen. Die Farben entstehen durch Einfärben am PC entsprechend der Graustufen. Es sind keine natürlichen Farben der untersuchten Objekte.

S. 25 **1.6 Organellen grenzen in der Zelle Funktionsräume ab**

**A1** Stellen Sie die Funktion und Anzahl der begrenzenden Membranen für alle Zellorganellen, die in [Abb. 1 und 2] auch als TEM-Bilder gezeigt werden, in einer Tabelle dar.

Zellorganell	Funktion	Anzahl der Membranen
Zellkern	enthält die DNA und den Nucleolus	2
endoplasmatisches Reticulum	Proteinbiosynthese	1
Mitochondrium	Kraftwerk der Zelle	2
Golgi-Apparat	verändert und verpackt Proteine	1
Chloroplast	„sammelt“ Sonnenenergie Herstellung von Zucker	2
Peroxisom	Entgiftung der Zelle durch Zerstörung von Wasserstoffperoxid	1

**A2** Die Zellorganellen sind Reaktionsräume in den Zellen. Vergleichen Sie Zellorganellen mit Reagenzgläsern (also den Reaktionsräumen im Chemieunterricht), nach Größe, Material, Stoffaustausch und möglichen Reaktionsbedingungen.

	Zellorganell	Reagenzglas
Größe	sehr klein	groß
Material	Membranen	Glas
Stoffaustausch	durch die Membranen möglich	nur durch die Öffnung möglich
Reaktionsbedingungen	normaler Luftdruck, Körpertemperatur	normaler Luftdruck, verschiedene Temperaturen

S. 28 **1.7 Fluoreszenzmikroskopie macht das Cytoskelett sichtbar**

**A1** Tierzellen benötigen im Gegensatz zu Pflanzenzellen ein robustes Cytoskelett. Begründen Sie das.

Pflanzenzellen haben eine stabile Zellwand, die ihnen Festigkeit verleiht. Tierzellen verfügen nur über eine Zellmembran als Begrenzung, dort ist das Cytoskelett für die Stabilität vorhanden.

**A2** Ermitteln Sie die Anzahl der Zellen, die in [Abb. 1] mindestens gezeigt sind, und erläutern Sie die Methode, die das ermöglicht.

15 Zellkerne sind deutlich erkennbar.

Bei der Fluoreszenzmikroskopie werden Objekte mit Stoffen markiert, die unter UV-Licht zu leuchten beginnen (= Fluoreszenzfarbstoff). Hier wurde ein blau leuchtender Fluoreszenzfarbstoff verwendet, der nur an DNA bindet. Die blauen Leuchtfelder im Bild stehen für je einen Zellkern.

S. 30 1

**Kombiniere!**

**A1 [Abb. 1] zeigt das mikroskopische Bild einer Zelle.**

**a Begründen Sie, ob es sich bei der dargestellten Zelle um eine Tier- oder eine Pflanzenzelle handelt.**

Es ist eine Pflanzenzelle, denn Zellwand, Vakuole und Chloroplasten sind vorhanden.

**b Ordnen Sie den Ziffern Zellorganellen zu.**

1 Zellwand; 2 Chloroplast; 3 Vakuole; 4 Kernmembran; 5 Zellkern mit Chromatin; 6 Nucleolus; 7 Mitochondrium

**c Begründen Sie anhand der Abbildung, mit welchem Mikroskoptyp das Bild erstellt wurde.**

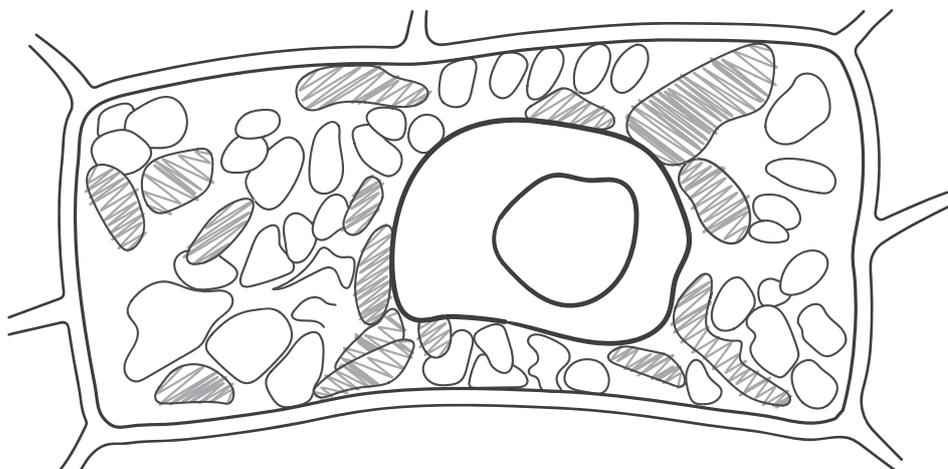
Es ist eine TEM-Aufnahme. Es sind Strukturen zu erkennen, die das Lichtmikroskop nicht mehr zeigt, z. B. Feinbau von Chloroplasten und Membranen. Außerdem ist das Bild nicht räumlich, wie es bei einer REM-Aufnahme wäre.

**A2 Vergleichen Sie den Bau einer typischen Pflanzenzelle und einer typischen Tierzelle tabellarisch.**

Bau	Pflanzenzelle	Tierzelle
Zellmembran		vorhanden
Zellkern		vorhanden
Nucleolus		vorhanden
Mitochondrium		vorhanden
endoplasmatisches Retikulum		vorhanden
Golgi-Apparat		vorhanden
Zellwand	vorhanden	nicht vorhanden
Chloroplasten	vorhanden	nicht vorhanden
Cytoskelett	Intermediärfilamente nicht vorhanden	vorhanden

**A3 Schematische Zeichnungen von Zellen und Geweben biologischer Strukturen sind idealisierte Darstellungen, denen oft viele mikroskopische Bilder zugrunde liegen.**

**a Fertigen Sie eine schematische Zeichnung einer Zelle nach [Abb. 1] an. Der Feinbau der Organellen muss nicht ausgeführt werden.**



(Hinweis: Beim Zeichnen erkennt man, dass die Zelle in [Abb. 1] nicht vollständig abgebildet ist. Da es sich um eine schematische Zeichnung handelt, muss der fehlende Zellteil selbstständig durch die Lernenden ergänzt werden.)

**b** In [Abb. 1, S. 20] sind eine schematische Zeichnung und eine lichtmikroskopische Aufnahme der Netzhaut zu sehen. Geben Sie an, welche Strukturen in der schematischen Zeichnung nahe dem Original und welche stark idealisiert sind. Beschreiben Sie die Idealisierung.

Nahe dem Original dargestellt sind die Nervenfasern und die untere Schicht der Nervenzellen. Stark idealisiert sind die Sehzellen. Sie sind als Einheit mit Zellkörper, Fortsatz und Kolben gezeichnet. Das kann man im mikroskopischen Bild so nicht erkennen. Außerdem enthält die Zeichnung viel weniger Zellen als die mikroskopische Aufnahme. Die Deckzellen sind im mikroskopischen Bild nur als abgetrennte Schicht zu erkennen. Die in der Zeichnung dargestellte Verbindung zu den Sehzellen fehlt hier.

**A4** In Zellen gibt es membranumhüllte Funktionsräume (Kompartimente), die Zellorganellen. Einige davon sind in [Abb. 1] zu sehen.

**a** Nennen sie vier wichtige Zellorganellen und geben Sie deren Funktion an.

Zellkern	enthält die DNA und den Nucleolus
endoplasmatisches Reticulum	Proteinbiosynthese
Mitochondrium	Kraftwerk der Zelle
Golgi-Apparat	verändert und verpackt Proteine

**b** Auf der Hauptplatine (dem Mainboard) eines Computers befinden sich verschiedene größere Bauelemente wie Prozessoren, Steckplätze und Chipsätze [Abb. 2]. Die Chipsätze bestehen aus mehreren Schaltkreisen, und diese wiederum aus Dioden, Widerständen usw. Beurteilen Sie, ob der Begriff „Kompartimentierung“ auch auf solche Hauptplatinen angewendet werden kann.

Der Begriff Kompartimentierung kann bedingt angewendet werden. Er bezeichnet die Trennung von Funktionsräumen. Auf der Speicherplatte hat jedes Bauteil seine eigene Aufgabe (z.B. Strom speichern, Berechnungen ausführen, Informationen speichern, Stromfluss und Spannung regulieren usw.), die im Zusammenwirken die Funktion gewährleisten. Ähnlich ist es auch bei den Kompartimenten von Zellen. Jedoch sind Zellkompartimente von Membranen begrenzt und oft im Plasma beweglich. Das trifft für die Bauteile auf der Hauptplatine nicht zu.

**A5** Die Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*) ist eine unscheinbare und wirtschaftlich unbedeutende Blütenpflanze [Abb. 3a]. Dennoch ist sie biologisch bestens untersucht, da sie für viele Forschungsaspekte als Modellorganismus dient. In [Abb. 3b] sehen Sie von dieser Pflanze eine Seitenwurzel mit einem Meristem an der Spitze. Die Wurzelhaarzellen erkennen Sie an den fingerartigen Ausstülpungen der Deckzellen. Die Zellwände wurden hier rot, die Zellkerne grün angefärbt.

**a** Definieren Sie die Begriffe Meristem und Zelldifferenzierung.

Meristeme sind Bildungsgewebe bei Pflanzen. Die Zellen im Meristem sind zur Zellteilung fähig.

Zelldifferenzierung ist ein Vorgang, bei dem sich aus gleichartigen, teilungsfähigen Zellen (Stammzellen/Meristemzellen) Zellen mit speziellen Aufgaben im Stoffwechsel entwickeln.

**b** Begründen Sie die unterschiedliche Verteilung der Zellkerne.

Die Wurzelspitze wächst nach unten. Voraussetzung dafür sind häufige Zellteilungen im Meristem an der Wurzelspitze. Die jungen neugebildeten Zellen an der Wurzelspitze sind klein und liegen eng aneinander. Deshalb ist die Zellkerndichte hier höher als in den schon größer gewachsenen Zellen oberhalb.

**c** Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion bei Wurzelhaarzellen.

Durch die fingerartigen Ausstülpungen erhalten die Zellen der Wurzel eine größere Oberfläche (= Struktur). Dadurch sind sie in der Lage, Wasser und Mineralsalze effektiver aus dem Boden aufzunehmen (= Funktion).

**d** Geben Sie an, mit welcher Art der Mikroskopie das Bild in b entstanden ist.

Fluoreszenzmikroskopie

2

Das Zusammenwirken von Zellbestandteilen

S. 32 **2.1 Die Abläufe im Cytoplasma werden vom Zellkern gesteuert**

**A1 Modelle bilden Teile der Wirklichkeit vereinfacht ab, aber nie die komplette Wirklichkeit. Erläutern Sie das am „Oktoberfest-Modell“ und „Omelett-Modell“ der Zelle.**

Das Omelett-Modell zeigt vereinfacht die stoffliche Zusammensetzung des Cytoplasmas und den Bau der Zelle mit den Größenverhältnissen und der Form der Zellbestandteile. Es liefert einen räumlichen Eindruck von der Zelle. Über die Vorgänge in der Zelle vermittelt es keine Vorstellung.

Die Stoffwechselfvorgänge und die Wechselwirkungen zwischen den Zellbestandteilen sind sehr komplex. Das Oktoberfest-Modell macht das Verständlich durch den Vergleich mit einem großen, an einem bestimmten Platz ablaufenden Volksfest. Wie auf einem solchen Fest sind die Prozesse auch in der Zelle hoch organisiert, obwohl sie auf den ersten Blick chaotisch wirken. Die Prozesse auf dem Oktoberfest unterscheiden sich natürlich von denen in den Zellen. Das Oktoberfest-Modell vermittelt auch keine Information vom Bau der Zelle.

**A2 Beschreiben Sie den Informationsfluss aus dem Zellkern ins Cytoplasma.**  
 Im Zellkern befindet sich die Erbsubstanz DNA. Eine Abschrift der DNA, die mRNA, gelangt durch die Kernporen in der Kernhülle in das Cytoplasma. Dort werden von den Ribosomen die Proteine nach dem mRNA-Bauplan hergestellt.

S. 34 **2.2 Im Cytoplasma laufen viele Reaktionen gleichzeitig ab**

**A1 Vergleichen Sie die Herstellung eines Proteins im freien Cytoplasma und am ER tabellarisch.**

	freie Cytoplasma	ER
Herstellung der mRNA	im Zellkern	
Transport der mRNA	durch Kernporen aus dem Kern ins Zellplasma	
Organell der Proteinbiosynthese	Ribosom, aus kleiner und großer Untereinheit	
Ort der Proteinbiosynthese	- Ribosom arbeitet frei im Zellplasma - fertiges Protein befindet sich im Cytoplasma	- Ribosom arbeitet im Zellplasma angelagert am ER - fertiges Protein gelangt durch eine Pore ins Lumen des ER
Anzahl der Ribosomen pro mRNA-Molekül	mehrere	eins

**A2 Erläutern Sie die Funktion des Proteasoms.**

Ein Proteasom ist ein Proteinkomplex. Es baut nicht mehr benötigte oder schadhafte Proteine im Cytoplasma ab.

S. 35 **2.3 Ein Membransystem organisiert in der Zelle Produktion und Versand**

**A1** Vergleichen Sie Struktur und Funktion der beiden Formen des ER.

	glattes ER	raues ER
Struktur	memranbegrenzte Kanäle und flache Hohlräume	
	ohne Ribosomen	mit Ribosomen
Funktion	Lipidsynthese	Proteinbiosynthese
	Abschnürung von Vesikeln zum Weitertransport der Produkte zum Golgi-Apparat oder Zellmembran möglich	

**A2** Unser Speichel enthält das Protein Amylase, das die Verdauung der Kohlenhydrate einleitet.

Amylase entsteht durch das Zusammenwirken der Bereiche des Endomembransystems. Wählen Sie im Folgenden die Begriffe, die zur Herstellung der Amylase passen, und ordnen Sie diese in der richtigen Reihenfolge:

**Versandseite des Golgi-Apparats – genetische Information für Amylase – Zellkern einer Speicheldrüsenzelle – Endocytose der Amylase – raues ER – Lysosom – Transportvesikel – Zisterne des Golgi-Apparats – Ausführgang der Speicheldrüse zur Mundhöhle – Empfangsseite des Golgi-Apparats – Exocytose der Amylase – glattes ER**

Zellkern einer Speicheldrüsenzelle – genetische Information für Amylase – raues ER – Empfangsseite des Golgi-Apparats – Zisterne des Golgi-Apparats – Versandseite des Golgi-Apparats – Transportvesikel – Exocytose der Amylase – Ausführgang der Speicheldrüse zur Mundhöhle

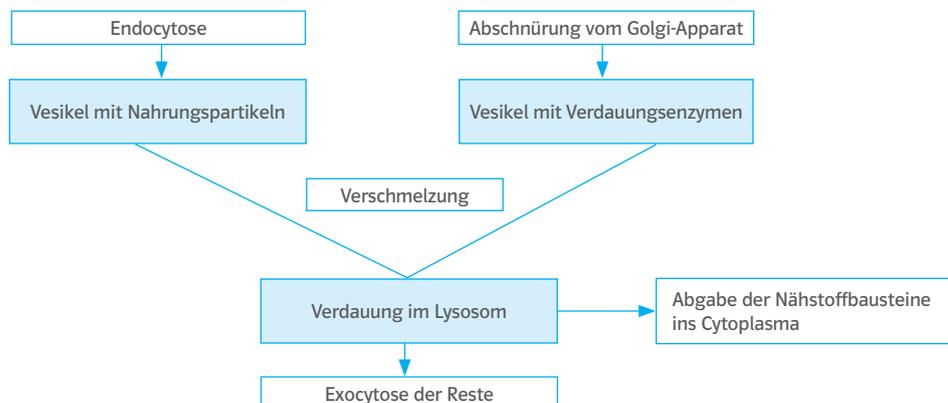
Endocytose der Amylase, Lysosom und glattes ER entfallen.

S. 37 **2.4 Lysosomen zerlegen Makromoleküle in ihre organischen Bausteine**

**A1** Erklären Sie Kompartimentierung am Beispiel des Lysosoms.

Als Kompartimentierung wird die Aufteilung der Zelle in unterschiedliche Reaktionsräume bezeichnet. Das Lysosom ist ein Reaktionsraum, in dem die intrazelluläre Verdauung stattfindet. In ihm zersetzen Verdauungsenzyme Nahrungspartikel.

**A2** Stellen Sie Vorgänge von der Nahrungsaufnahme beim Pantoffeltierchen bis zur Abgabe der Verdauungsprodukte in das Cytoplasma in einem Flussdiagramm dar.



S. 39 **2.5 Die Zelle verwendet einen kleinen regenerierbaren Energiespeicher: ATP**

**A1 Nennen Sie mehrere Vorgänge im Körper, die a chemische Energie in Form von ATP bereitstellen.**

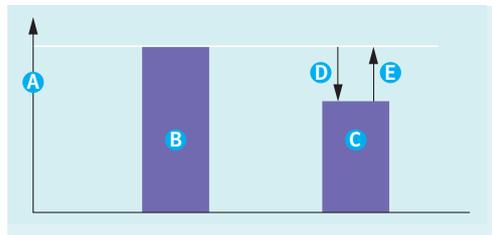
Die exotherme Reaktion der energiereichen Stoffe Glucose und Sauerstoff zu den energiearmen Stoffen Kohlendioxid und Wasser liefert Energie, die zur ATP-Herstellung verwendet wird.

**b chemische Energie in Form von ATP verbrauchen.**

Transportvorgänge, Muskelkontraktion, energieverbrauchende chemische Reaktionen

**A2 Die Abbildung zeigt das Energiediagramm für die Bildung und Spaltung von ATP. Ordnen Sie den Buchstaben die richtigen Wortgruppen zu: chemische Energie des ATP – Energie, die bei der ATP-Bildung benötigt wird – chemische Energie – Energie, die bei der ATP-Spaltung frei wird – chemische Energie des ADP**

**Erläutern Sie D und E.**



- A) chemische Energie
- B) chemische Energie des ATP
- C) chemische Energie des ADP
- E) Energie, die bei der ATP-Bildung benötigt wird.
- D) Energie, die bei der ATP-Spaltung frei wird.

ATP ist ein energiereicheres Molekül als ADP. Bei Bildung von ATP aus ADP muss also Energie investiert werden (E), die bei der Spaltung von ATP wieder freigesetzt wird (D).

S. 40 **2.6 Mitochondrien und Chloroplasten dienen der Bereitstellung von Energie**

**A1** **Vergleichen Sie Struktur und Funktion von Chloroplast und Mitochondrium tabellarisch.**

	Chloroplast	Mitochondrium
<b>Struktur</b>	Zellorganellen begrenzt von einer Doppelmembran mit Membranzwischenraum	
	Vergrößerung der inneren Oberfläche durch Abschnürungen der inneren Membran (Thylakoide)	Einstülpungen der inneren Membran
	Kompartimentierung	
	3 Reaktionsräume	2 Reaktionsräume
<b>Funktion</b>	Fotosynthese Herstellung energiereicher organischer Stoffe $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$ Energie wird benötigt (endotherm)	Zellatmung Abbau energiereicher organischer Stoffe $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ Energie wird frei (exotherm)
	Bildung von ATP	
	Energieumwandlungen finden statt	
	Umwandlung von Sonnenenergie in die chemische Energie von ATP und Glucose	Umwandlung der chemischen Energie von Glucose in die chemische Energie von ATP (Kraftwerk der Zelle)

**A2** **Sie wandeln an einem Tag ca. Ihr halbes bis gesamtes Körpergewicht an ATP in ADP um. Begründen Sie, weshalb das möglich ist, obwohl Ihr Körper nur sehr wenig ATP enthält.**

ATP und ADP können ineinander umgewandelt werden. Ein ATP-Molekül reagiert mehrmals zu ADP und umgekehrt.

S. 42 **2.7 Bakterienzellen sind kleiner und anders gebaut als Eucyten**

**A1** **Vergleichen Sie Eucyte und Procyte tabellarisch miteinander.**

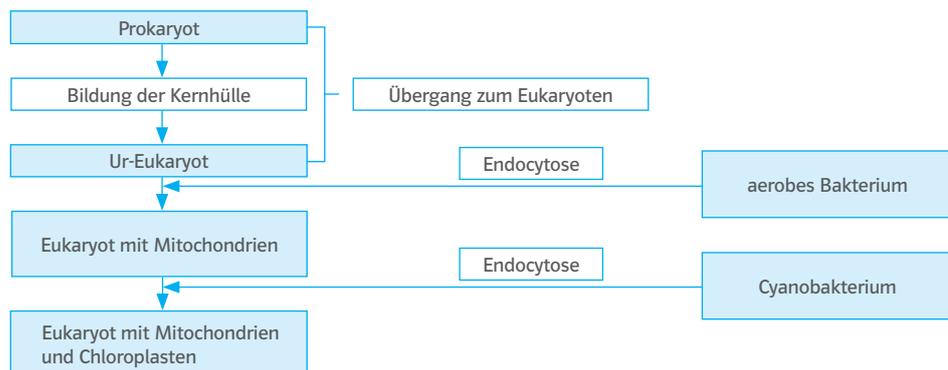
		Eucyte	Procyte
Gemeinsamkeiten	Bau	Zellwand (außer bei Tierzellen), Zellmembran, Cytoplasma, Vesikel, Ribosomen, Chromosomen	
	Größe	groß	klein
Unterschiede	Bau	Zellkern	kein Zellkern ringförmige DNA, Plasmide, Kapsel
	Stoffwechselvielfalt	kleiner	sehr groß
	Fortpflanzung	meist geschlechtlich langsam	selten geschlechtlich, häufig ungeschlechtlich, sehr schnell

**A2** Bakterien können ganz unterschiedliche Lebensräume besiedeln. Begründen Sie das.

Die Stoffwechsellmöglichkeiten der Bakterien sind äußerst vielfältig. Sie können mit und ohne Sauerstoff leben und Energie gewinnen. Einige Arten betreiben Fotosynthese und können die Lichtenergie oder andere chemische Reaktionen als Energiequelle zur ATP-Bildung nutzen. Außerdem sind Bakterien sehr klein und können sich sehr schnell vermehren.

S. 44 **2.8 Die Eucyte entstand durch Endosymbiose von Procyten**

**A1** Stellen Sie die Entwicklung einer pflanzlichen Eucyte aus Procyten als Flussdiagramm dar. Markieren Sie die Übergangsstelle zur Eucyte.



**A2** Erklären Sie, warum die Endosymbionten-Theorie als naturwissenschaftliche Theorie gilt und nicht als naturwissenschaftliche Hypothese.

Hypothesen sind nur begründete Vermutungen. Eine naturwissenschaftliche Theorie ist ein durch viele unterschiedliche Belege gestütztes Wissensgebäude. Das trifft für die Endosymbionten-Theorie zu, da viele Argumente aus unterschiedlichen Teilbereichen der Biologie für ihre Gültigkeit vorliegen (Endosymbiose, Vermehrung der Organellen durch Teilung, Bau der inneren und äußeren Membran, Ribosomentypen, DNA-Sequenzen).

S. 46 **2**

**Kombiniere!**

**A1** Der Zellkern (Nucleus) ist die Steuerzentrale eukaryotischer Zellen. Er arbeitet eng mit den Zellorganellen zusammen.

**a** Benennen Sie die mit Buchstaben versehenen Strukturen in [Abb. 1].

a Vesikel, b Golgi-Apparat, c glattes endoplasmatisches Retikulum (ER), f raues ER, g Kernpore, h Zellkern

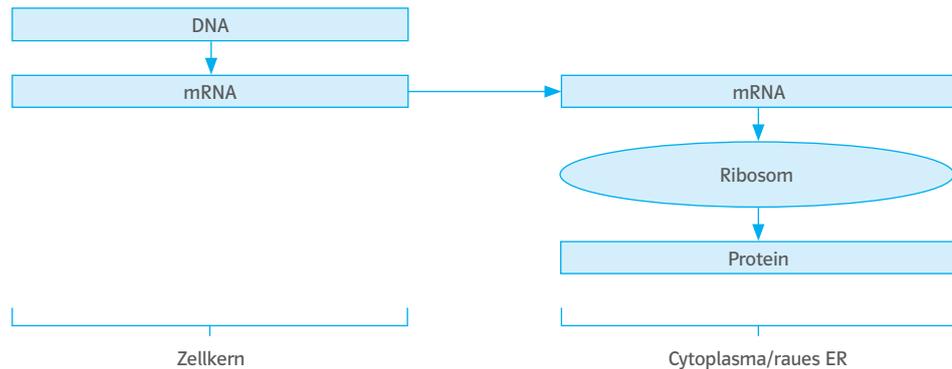
**b** Chromatin enthält die Erbinformation. Geben Sie die Bestandteile des Chromatins an sowie den Ort, an dem sich das Chromatin in [Abb. 1] befindet.

Bestandteile des Chromatins sind fadenförmige DNA-Moleküle, die auf Proteine (Histone) gespult sind.

**c** Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion am Zellkern und endoplasmatischem Retikulum.

Zellkern und endoplasmatisches Retikulum (ER) stehen in einem engen funktionalen Zusammenhang. Die Kernhülle grenzt die Erbinformation gegenüber dem Cytoplasma ab. Durch die Kernporen kann die mRNA aus dem Kern ins Cytoplasma gelangen. Sie ist eine Kopie der DNA. Am ER können sich Ribosomen anlagern. Dadurch bildet sich das raue ER. Am Ribosom findet dann die Proteinbiosynthese statt, für die die mRNA notwendig ist. Die Erbinformation aus dem Zellkern wird also am Ribosom in ein Protein umgesetzt. Dieses gelangt durch eine Pore in das Lumen des ER. Das ER kann Transportvesikel bilden. Deshalb ist von hier aus auch ein Weitertransport des Proteins in andere Zellbereiche möglich.

**A2** Stellen Sie den Prozess der Herstellung eines Proteins [Abb. 1, S. 34] in einem Flussdiagramm dar. Beginnen Sie bei der DNA und geben Sie die Orte an, an denen die Vorgänge ablaufen.



**A3** Die meisten Landpflanzen vermehren sich durch Samen. Ihre Entwicklung beginnt in der Blüte mit der Befruchtung der Eizellen. Bei einige Pflanzen, wie z. B. Begonien, gibt es auch andere Wege der Fortpflanzung [Abb. 2].

**a** Beschreiben Sie die in [Abb. 2] gezeigte Fortpflanzung.

Die Fortpflanzung erfolgt durch Zellteilung. Eine obere Epidermiszelle vom Laubblatt beginnt sich zu teilen und bildet einen „Zellhaufen“, aus dem dann eine junge Begonienpflanze heranwächst.

**b** Jede kernhaltige Zelle enthält die gesamte Erbinformation eines Organismus. Bestätigen Sie diese Aussage anhand dieser Fortpflanzung.

Eine Epidermiszelle ist eine spezialisierte Pflanzenzelle. Sie nimmt selbst nur noch bestimmte Aufgaben wahr. Da aus den durch Zellteilung entstehenden Tochterzellen einer Epidermiszelle bei dieser Fortpflanzungart jedoch wieder Zellen entstehen, die andere Funktionen erfüllen (z. B. Gewebe der Sprossachse und der Wurzel), muss sich die gesamte Erbinformation dazu im Zellkern der Epidermiszelle befinden.

**c** Die Jungpflanzen in [Abb. 2] besitzen die gleiche Erbinformation wie die Mutterpflanze. Begründen Sie.

Die Jungpflanzen bilden sich aus einer Zelle der Mutterpflanze und haben die gleichen Eigenschaften wie die Mutterpflanze. Im Zellkern ist die Erbinformation dafür gespeichert. Da in der Ausgangszelle nur der Zellkern mit der Erbinformation der Mutterpflanze war, muss diese bei jeder Zellteilung kopiert und weitergegeben werden. Damit besitzt jede Zelle der Tochterpflanze die gleiche Erbinformation der Mutterzelle.

**A4** [Abb. 3] zeigt eine elektronenmikroskopische Aufnahme aus dem Inneren einer Zelle.

**a** Benennen Sie das Zellorganell im Zentrum und beschreiben Sie dessen Bau. **Mitochondrium**

Das Zellorganell wird begrenzt von einer Doppelmembran. Durch diese Kompartimentierung entstehen zwei Reaktionsräume, der Membranzwischenraum und der Innenraum des Mitochondriums (= Matrix). Die Einstülpungen der inneren Membran in die Matrix sorgen für eine Vergrößerung der Oberfläche.

**b** ATP ist an zahlreichen zellulären Prozessen beteiligt. Begründen Sie das.

Das ATP-Molekül ist ein universeller Energiespeicher in Lebewesen. Durch Reaktion zum ADP-Molekül wird Energie frei, die für alle energieverbrauchenden Vorgänge (z. B. Muskelarbeit, Transporte, biochemische Reaktionen) verwendet wird.

**c Ordnen Sie die folgenden Begriffe und Wortgruppen tabellarisch den Chloroplasten und Mitochondrien zu: in Pflanzenzellen – in Tierzellen – produzieren ATP – bauen energiereiche organische Stoffe ab – verbrauchen Sauerstoff – vergrößerte innere Oberfläche – bauen Glucose auf – innere Kompartimentierung – in Wurzelzellen zumeist nicht vorhanden – wandeln Lichtenergie in chemische Energie um – bilden als Produkte CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O**

Chloroplasten	Mitochondrien
vergrößerte innere Oberfläche	
innere Kompartimentierung	
produzieren ATP	
in Pflanzenzellen	in Tierzellen, in Pflanzenzellen
bauen Glucose auf	bauen energiereiche organische Stoffe ab
wandeln Lichtenergie in chemische Energie um	
in Wurzelzellen zumeist nicht vorhanden	
	bilden als Produkte CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O

**A5 Die Solarzellen in den Solarmodulen einer PV-Anlage (Photovoltaik-Anlage) [Abb. 4 links] wandeln Lichtenergie der Sonnenstrahlung in elektrische Energie um. In [Abb. 4 rechts] sehen Sie Chloroplasten in den Zellen eines Pflanzenblatts. Chloroplasten werden manchmal als Solarzellen der Pflanzen bezeichnet. Beurteilen Sie diese Aussage.**

Urteil:

„Aussage stimmt“ oder „Aussage stimmt nicht“ oder „Aussage stimmt zum Teil“. (Hinweis: Zu welchem Urteil man gelangt, hängt von der persönlichen Gewichtung der nachfolgenden Argumente ab).

Pro-Argument:

Beide wandeln Lichtenergie in eine andere Energieform um.

Contra-Argumente:

Chloroplasten wandeln Lichtenergie in chemische Energie um.  
 Dagegen wandeln Solarzellen Lichtenergie in elektrische Energie um.  
 Chloroplasten sind Zellorganellen, Solarzellen sind technische Geräte.

S. 48 **3.1 Die Grundstruktur von Biomembranen ist eine Lipid-Doppelschicht**

**A1 Erläutern Sie die Ausrichtung eines Phospholipid-Moleküls an der Grenzfläche zwischen Wasser und einem nichtwässrigen Medium wie z. B. Öl mithilfe von [Abb. 2].**

Das stabförmige Phospholipid-Molekül besteht aus zwei Molekülteilen. Ein Ende ist die hydrophile (= wasseranziehende) Kopfgruppe, das andere sind die hydrophoben (= wasserabweisenden) Fettsäurereste. An der Grenzfläche zwischen Wasser und Öl wird ein Phospholipid-Molekül also mit dem Kopf ins Wasser und den Fettsäureresten ins Öl „eintauchen“.

**A2 Erklären Sie das Experiment von GORTER und GRENDEL [Abb. 3]. Gehen Sie dabei auf dessen Bedeutung für die Modellentwicklung bei Biomembranen ein.**

Im Experiment sollte geprüft werden, ob die Phospholipid-Moleküle in einer Biomembran eine einfache Schicht (Hypothese 2, S.49) oder eine Doppelschicht (Hypothese 1, S.49) bilden.

Um Membranlipide zu gewinnen, wurden eine bekannte Anzahl Erythrocyten (= Rote Blutzellen), deren Oberfläche ebenfalls bekannt ist, zerstört. Die Lipide der Membran wurden isoliert und auf eine Wasseroberfläche gegeben, auf der sie eine dünne Schicht aus einzelnen, nebeneinanderliegenden Molekülen bilden (= Langmuir-Film). Verdunstet das Wasser, rücken die Moleküle zusammen und bleiben als runder Fleck zurück, indem die Lipide senkrecht und eng parallel angeordnet sind. Die Fläche des Flecks kann nun mit der Oberfläche der Erythrocyten verglichen werden. Sie ist etwa doppelt so groß. Damit wird die Hypothese bestätigt, dass die Membranlipide als Doppelschicht vorliegen.

(Hinweis: Man hat hierfür reife Säugetier-Erythrocyten genommen, weil sie keinen Zellkern und auch sonst keine inneren Membranen besitzen.)

Als das Experiment durchgeführt wurde, gab es zwei Modellvorstellungen zum Aufbau der Biomembran, die ihre Eigenschaften (innen hydrophob, außen hydrophil) erklärt hätten: die Lipid-Doppelschicht, bei der Moleküle sich gegenüberstehen, oder die Lipid-Einfachschicht, bei der die Lipide jeweils um 180° gedreht nebeneinander liegen. Die Experimente von GORTER und GRENDEL beweisen das Lipid-Doppelschicht-Modell.

S. 50 **3.2 Modelle zur Biomembran wurden anhand experimenteller Befunde verfeinert**

**A1 Biomembranen begrenzen Kompartimente.**

**a Erklären Sie den Begriff Kompartimente.**

Kompartimente sind durch Biomembranen abgetrennte Räume, in denen biochemische Reaktionen ablaufen können.

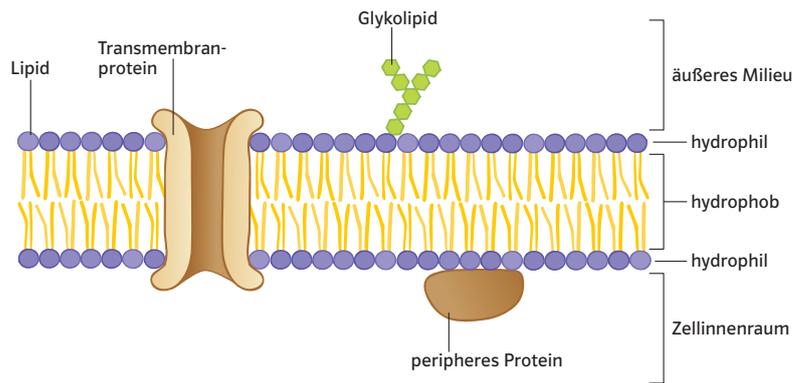
**b Skizzieren und beschriften Sie den Querschnitt einer Biomembran, die eine Zelle begrenzt. Sie soll folgende Bestandteile enthalten: Lipidmolekül, ein Glykolipid, ein für Transporte geeignetes Transmembranprotein und ein peripheres Protein.**

siehe Abbildung S. 16

**c Ordnen Sie die Begriffe hydrophil, hydrophob, Zellinnenraum und äußeres Milieu zu.**

siehe Abbildung S. 16

**b und c:**



**A2 Erläutern Sie an drei Beispielen, wie Ergebnisse von Experimenten die Modellvorstellung den Bau der Biomembranen bestätigen oder zur Weiterentwicklung der Modellvorstellung beigetragen haben.**

Werden Rotkohlblätter mit Säure versetzt, tritt der rote Farbstoff aus den Zellen aus. Säuren zerstören also Biomembranen. Mit diesem Experiment wird gezeigt, dass Zellmembranen auch Proteine enthalten, da verdünnte Säuren Lipide nicht angreifen.

Das ist eine Bestätigung der Modellvorstellung, dass eine Zellmembran neben Lipiden auch aus Proteinen besteht.

GORTER und GRENDDEL beweisen mit den Untersuchungen an Erythrocyten-Membranen, dass Lipide die doppelte Fläche der Zellmembran einnehmen, aus der sie gewonnen wurden.

Weiterentwicklung der Modellvorstellung:

Lipid-Einfachschicht-Modell → Lipid-Doppelschicht-Modell

Durch das Experiment zur Beweglichkeit von Membranbestandteilen wurde erkannt, dass Lipid-Moleküle und Protein-Moleküle in der Biomembran horizontal beweglich sind.

Weiterentwicklung der Modellvorstellung: starre Anordnung der Moleküle in der Membran → Flüssig-Mosaik-Modell

S. 54 **3.3 Substanzen bewegen sich entlang ihres Konzentrationsgefälles**

**A1 Wählen Sie aus den folgenden Wortgruppen die aus, die für [Abb. 2] zutreffen, und ordnen Sie diese den Situationen a, b oder c zu.**

- 1 höchste Konzentration gelöster Teilchen
- 2 kein Konzentrationsgefälle
- 3 Mehr gelöste Teilchen gelangen pro Minute von oben nach unten.
- 4 größtes Konzentrationsgefälle
- 5 Keine gelösten Teilchen gelangen von unten nach oben.
- 6 Unten ist die Konzentration der gelösten Teilchen kleiner als oben.
- 7 Gelöste Teilchen bewegen sich im gesamten Gefäß.

- a**
- 1 höchste Konzentration gelöster Teilchen (Hinweis: trifft auf den unteren Teil des Gefäßes zu)
  - 4 größtes Konzentrationsgefälle
- b**
- keine Wortgruppe trifft zu
- c**
- 2 kein Konzentrationsgefälle
  - 7 Gelöste Teilchen bewegen sich im gesamten Gefäß.

ohne Zuordnung

3 Mehr gelöste Teilchen gelangen pro Minute von oben nach unten.

5 Keine gelösten Teilchen gelangen von unten nach oben.

6 Unten ist die Konzentration der gelösten Teilchen kleiner als oben.

**A2 Sie bringen Zellen in eine Lösung mit einem Farbstoff, für den die Zellmembran permeabel ist. Der Farbstoff diffundiert hinein und färbt das Cytoplasma an. Nun wollen Sie die Zellen wieder entfärben. Erläutern Sie Ihr Vorgehen.**

Die Zellen sollten wiederholt mit Wasser gespült werden. Wasser enthält keine Farbstoffmoleküle. So wird der Farbstoff entsprechend des Konzentrationsgefälles (innen hoch, außen kein Farbstoff) aus den Zellen diffundieren, da die Zellmembran durchlässig (= permeabel) für die Farbstoffmoleküle ist.

Wiederholter „Wasserwechsel“ bewirkt immer wieder ein großes Konzentrationsgefälle und treibt die Diffusion an. Vollständig kann der Farbstoff aber durch diese Methode nicht entfernt werden.

### S. 56 3.4 Durch Osmose können Zellen Wasser aufnehmen oder abgeben

**A1 Zerschneiden Sie einen Apfel oder eine Kartoffel und trocknen Sie die Schnittflächen mit einem Papiertuch. Streuen Sie nun etwas Salz oder Zucker auf die Schnittfläche. Erklären Sie Ihre Beobachtungen.**

Beobachtung: Das Salz (oder der Zucker) werden feucht und lösen sich langsam in dem aus dem Gewebe austretenden Wasser.

Erklärung: Salz oder Zucker lösen sich in dem dünnen Wasserfilm auf der Schnittfläche. Es entsteht eine stark konzentrierte Lösung, die gegenüber der Lösung in den Zellen im Gewebe hypertonic ist. Die Zellmembranen der Pflanzenzellen sind semipermeabel. Das bedeutet, die Salz- bzw. Zuckerteilchen können diese im Gegensatz zu den Wassermolekülen nicht passieren. Es kommt zur Osmose. Da der Wassergehalt in der hypertonicen Lösung (Cytoplasma) größer ist als in der hochkonzentrierten Salz- bzw. Zuckerlösung, wandern pro Zeiteinheit mehr Wasserteilchen aus den Zellen heraus als in die Zellen hinein. Das führt in der Summe zum Austritt von Wasser aus den Zellen. Der Turgor der Zellen nimmt ab. Dabei kann es auch zum Schrumpfen der Zellkörper (Plasmolyse) kommen.

**A2 Bei Infusionen in den Blutkreislauf ist es extrem wichtig, als Infusionsflüssigkeit eine „physiologische Salzlösung“ zu nehmen, da diese die gleiche Salzkonzentration wie das Blut aufweist. Begründen Sie.**

Bei einer Infusion dürfen die Roten Blutzellen weder durch Schrumpfen (Wasserabgabe) noch Platzen (Wasseraufnahme) zerstört werden. Nur so bleibt ihre Hauptfunktion des Sauerstofftransports erhalten. Die verwendete Kochsalzlösung und das Blutplasma des Patienten sollten also isotonische Lösungen sein, um das zu verhindern.

S. 58 **3.5 Kanal- und Transportproteine erleichtern die Diffusion durch Membranen**

**A1** **Vergleichen Sie Bau und Funktion von Kanalproteinen und Transportproteinen in einer Tabelle.**

	Kanalprotein	Transportprotein (Carrier)
Bau	Protein Durchdringen die Zellmembran	
	formstabil mit Hohlraum	formveränderlich mit Bindungsstellen für das zu transportierende Teilchen
Funktion	schnelle Diffusion (erleichterte Diffusion) Auswahl der zu transportierenden Teilchen möglich (kontrollierte Diffusion) passive Transporte entlang des Konzentrationsgefälles ohne Energieverbrauch	

**A2** **Erklären Sie den Begriff „passiver Transport“ am Beispiel der Aquaporine.**

Aquaporine sind Kanalproteine in der Zellmembran, die die Diffusion von Wasser erleichtern. Das Wasser gelangt ohne Energieaufwand von einer Seite der Membran auf die andere. Triebkraft des Transports ist allein der unterschiedliche Wassergehalt auf beiden Seiten der Membran. Solche Transporte ohne Energieaufwand sind passive Transporte. (Hinweis: Ist Wasser der transportierte Stoff, sollte der Begriff Konzentrationsgefälle vermieden werden, da Wasser das Lösungsmittel und nicht der gelöste Stoff ist.)

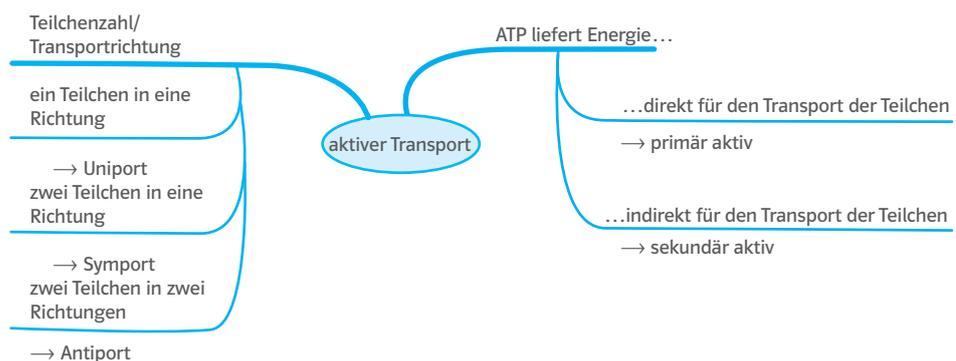
S. 59 **3.6 Der Transport gegen ein Konzentrationsgefälle kostet die Zelle Energie**

**A1** **Auch Kalium-Ionen (K<sup>+</sup>-Ionen) spielen in vielen Zellen eine große Rolle für Symporte und Antiporte anderer Teilchen. Gramacidin ist ein Antibiotikum, das sich in Bakterienmembranen einlagert und diese für positiv geladene Ionen wie K<sup>+</sup>-Ionen durchlässig macht. Danach kommen im Bakterium fast alle sekundär aktiven Transportgänge durch diese Membranen zum Erliegen. Erklären Sie das beobachtete Ergebnis.**

Wird die Membran für Kationen durchlässig, kann das durch den aktiven Transport entstandene Konzentrationsgefälle nicht aufrechterhalten werden. Die Kalium-Ionen diffundieren frei zurück und es kommt zum Konzentrationsausgleich. Damit kommen alle an Kalium-Ionen gekoppelten Symporte und Antiporte zum Erliegen. Sie benötigen das Konzentrationsgefälle der Kalium-Ionen als Triebkraft.

**A2** **Nennen Sie zwei Merkmale des aktiven Transports und stellen Sie die Formen aktiver Transporte in einer Mind-Map dar.**

- verläuft entgegen dem Konzentrationsgefälle
- Energie wird benötigt



S. 61 **3.7** Der osmotische Druck von Körperflüssigkeiten kann reguliert werden**A1** Müssen Fische trinken? Begründen Sie Ihre Antwort.

Die Antwort hängt vom Lebensraum der Fische ab. Salzwasserfische leben in einer hypertonischen Lösung, dem Meerwasser. Ihre schuppige Außenhaut ist zwar wasserdicht, doch durch die semipermeablen Membranen ihrer Schleimhautzellen, die mit dem Meerwasser Kontakt haben, diffundiert ständig Wasser aus ihrem Körper. Das muss durch Wasseraufnahme, also trinken, ersetzt werden. Das gleichzeitig damit aufgenommene Salz wird über die Kiemen und durch den Urin wieder ausgeschieden. Süßwasser ist für die Körperzellen der dort lebenden Fische eine hypotonische Lösung. In die Schleimhautzellen der Süßwasserfische diffundiert also ständig Wasser hinein. Sie trinken nicht und scheiden das überschüssige Wasser durch große Mengen verdünnten Urin aus.

**A2** Salzpflanzen, wie Queller, transportieren Salz-Ionen in die Zelle, um Wasser aufnehmen zu können. Erläutern Sie, weshalb es sich beim Salz um einen aktiven Transport handeln muss.

Die Wasseraufnahme an Pflanzenwurzeln erfolgt durch Diffusion. Dazu muss die Bodenlösung gegenüber der Lösung im Cytoplasma der Wurzelzellen hypotonisch (also reicher an Wasser) sein. Für Salzpflanzen ist das ein Problem, denn in ihrem Lebensraum ist die Salzkonzentration im Boden besonders hoch. Deshalb reichern sie ihre Wurzelzellen mit Ionen an, bis ihr Wassergehalt niedriger ist als im Boden. Nur so ist Wasseraufnahme durch Osmose möglich. Der Transport der Salz-Ionen erfolgt gegen das natürliche Konzentrationsgefälle (höhere Salzkonzentration in der Wurzelzelle als im Boden). Das geht nur unter Energieaufwand und ist somit ein aktiver Transport.

S. 63 **3.8** Größere Teilchen werden durch Membraneinstülpung ein- und ausgeschleust**A1** Erläutern Sie die Bildung eines Vesikels.

Ein Vesikel ist ein von einer Membran begrenztes Bläschen. Es kann sich durch Einstülpung der Zellmembran bei der Aufnahme von Partikeln (=Endocytose) oder durch Abschnürung von Membranteilen vom ER oder Golgi-Apparat bilden.

**A2** Beschreiben Sie, auf welche Weise der Membranbaustein Cholesterol aus dem Blut in die Zelle gelangt.

Die Aufnahme erfolgt durch rezeptorvermittelte Endocytose und mithilfe eines speziellen Proteins. Es hat die im Blutplasma unlöslichen Cholesterolmoleküle an sich gebunden (= Lipoprotein LDL). Spezielle LDL-Rezeptoren der Zellmembranen binden diese Lipoproteine. Dann werden sie und damit auch die gebundenen Cholesterolmoleküle durch Einstülpung der Zellmembran in Vesikel eingeschlossen.

S. 64 **3****Kombiniere!****A1****a** Benennen Sie die Bestandteile der Zellmembran in [Abb.1].

1 Phospholipid, 2 integrales Protein, 3 Transmembranprotein, 4 transmembranes Transportprotein, 5 transmembranes Kanalprotein, 6 Cholesterol, 7 Kohlenhydratkette des Glykolipids

**b** Geben Sie die Funktionen von Zellmembranen an.

- Membranen begrenzen Zellen. Sie sind Schranken für Stoffe.
- Durch Membranen erfolgen Transportprozesse.
- Über bestimmte Membraneigenschaften erfolgt die Zell-Zell-Erkennung.

**A2** Welche der folgenden Aussagen ist falsch? Benennen Sie die falschen Aussagen und berichtigen Sie diese.

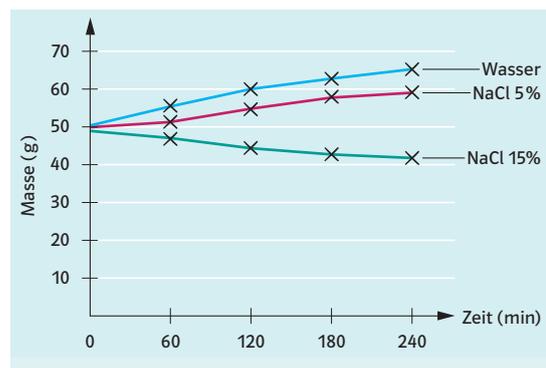
- a Die Bestandteile der Zellmembranen sind gegeneinander beweglich.
  - b Aquaporine sind Wasser transportierende Lipide.
  - c Zwischen zwei Zellen ist eine Zellmembran.
  - d Membranproteine halten die Lipid-Doppelschicht zusammen.
  - e Zellmembranen sind für Wassermoleküle permeabel.
- b Aquaporine sind Kanalproteine, die die Diffusion von Wasser erleichtern.  
 c Zwischen zwei Zellen ist das äußere Milieu.  
 d Die lipophilen Molekülteile der Phospholipide halten die Lipid-Doppelschicht zusammen.

**A3** Ein Dialyseschlauch ist eine für große Moleküle, wie Zucker und Proteine, nicht permeable Membran. Für kleine Moleküle, wie z. B. Wasser, ist er durchlässig. Ein Dialyseschlauch wird mit destilliertem Wasser gefüllt und in Zuckerswasser gelegt. Stellen Sie eine begründete Vermutung über die Veränderung von Masse und Volumen des Schlauchs an.

Die Masse und das Volumen des Schlauchs werden kleiner. Die Zuckerrösung ist gegenüber dem Wasser im Schlauch hypertonisch, sie enthält also durch den gelösten Zucker weniger Wasserteilchen pro Volumeneinheit. Deshalb diffundiert Wasser aus dem Schlauch in die Zuckerrösung. Zucker, der außen höher konzentriert ist, kann nicht entsprechend des Konzentrationsgefälles in den Schlauch diffundieren, da der Schlauch für große Moleküle nicht durchlässig ist. Den gesamten Vorgang nennt man Osmose.

**A4** Das Experiment in [Abb. 2] wurde mit drei Hühnereiern durchgeführt, deren Eihaut durch Entfernen der Kalkschale freigelegt wurde. Die Kalkschale von Vogeleiern ist porös sowie durchlässig für Luft und Wasserdampf. Im Inneren der Eihaut liegt das Eiklar, das den Eidotter im Zentrum umgibt. Das Eiklar besteht zu ca. 90 % aus Wasser und ca. 10 % aus Proteinen. Kohlenhydrate und Fette gibt es im Eiklar kaum. Das Eidotter enthält ca. 50 % Wasser. Es ist reich an Proteinen und Fetten.

a Stellen Sie die Messwerte der Tabelle in [Abb. 2] in einem Diagramm dar.



b Begründen Sie die Lage der Graphen.

Es findet Osmose statt. Die Eihaut ist semipermeabel. Für die Inhaltsstoffe des Eies (z. B. Proteine) und die Natrium- und Chlorid-Ionen ist die Eihaut nicht durchlässig. Für Wasser ist sie durchlässig. Die 15%-igen Natriumchlorid-Lösungen sind gegenüber dem Ei-Inhalt hypertonisch. Wasser diffundiert aus dem Ei in die Lösung, die Masse des Eies sinkt. Gegenüber Wasser und der 5%-igen Salzlösung ist die Lösung im Ei hypertonisch. Wasser diffundiert in das Ei, die Masse wird größer. Da der Konzentrationsunterschied zwischen Ei-Inhalt und destilliertem Wasser größer ist als der Unterschied zwischen Ei-Inhalt und der 10%-igen Lösung, steigt diese Kurve stärker an.

**c Erläutern Sie den folgenden Befund: Eier von Vögeln und Reptilien können austrocknen und sind dann fast leer.**

Im Ei befindet sich eine wässrige Lösung. Bei großer Trockenheit enthält die Luft nur sehr wenig Wasserdampf. Das starke Konzentrationsgefälle bewirkt eine schnelle Diffusion des Wassers durch die semipermeable Eihaut und die poröse Kalkschale. Da Eiklar mit 90% und Eidotter mit 50% sehr viel Wasser enthalten, ist das Ei nach dem Austrocknen fast leer.

**A5 Viele Seevögel, wie z. B. Albatrosse, trinken Meerwasser und ernähren sich von Fischen und wirbellosen Tieren aus dem Meerwasser. In ihrem Kopf befinden sich Salzdrüsen [Abb. 3], die über einen Nasengang mit den Nasenlöchern verbunden sind. Mit den Salzdrüsen scheiden die Tiere ein Sekret aus, dessen Konzentration an  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen doppelt so hoch sein kann wie die des Meerwassers.**

**a Erläutern Sie die Bedeutung dieser osmoregulatorischen Prozesse für Seevögel.**

Seevögel müssen überschüssiges Salz ausscheiden, das sie mit der Nahrung ständig aufnehmen. Damit halten sie den osmotischen Druck ihrer Körperflüssigkeiten konstant.

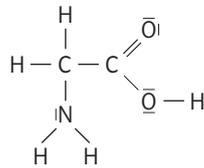
**b Beschreiben Sie einen Transportvorgang, durch den Natrium- bzw. Chlorid-Ionen aus dem Blut durch die Epithelzellen in die Salzdrüsen gelangen könnten.**

Da die Konzentration der ausgeschiedenen Salzlösung höher ist als die des Meerwassers, also auch der Nahrung und des „Trinkwassers“ der Albatrosse, wird die Konzentration der ausgeschiedenen Lösung gegenüber dem inneren Milieu der Seevögel aktiv erhöht. Da gegen das Konzentrationsgefälle transportiert wird, muss es sich um einen Transport handeln, bei dem Energie benötigt wird. Die einfachste Möglichkeit wäre ein aktiver Uniport der Ionen durch ein Transportprotein von den Blutgefäßen in die Epithelzellen und den Epithelzellen in den Innenraum der Salzdrüse.

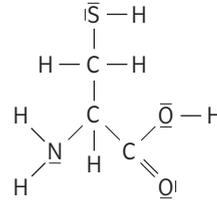
S. 66 **4.1**

**Jedes Protein hat eine andere Aminosäuresequenz**

**A1** In [Abb. 3] sehen Sie die Aminosäuren Glycin und Cystein.  
**a** Zeichnen Sie die Strukturformeln beider Aminosäuren.



Glycin



Cystein

**b** Benennen Sie jeweils die vier Bindungspartner des  $\alpha$ -C-Atoms.

Glycin  
 Aminogruppe  $-\text{NH}_2$   
 2 Wasserstoffatome  $-\text{H}$   
 Carboxygruppe  $-\text{COOH}$

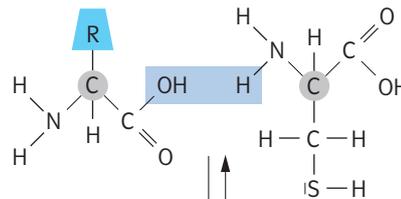
Cystein  
 Aminogruppe  $-\text{NH}_2$   
 Wasserstoffatom  $-\text{H}$   
 Carboxygruppe  $-\text{COOH}$   
 Rest aus Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Schwefelatomen  $-\text{CH}_2-\text{SH}$

**A2** Begründen Sie, weshalb es zwei verschiedene Dipeptide gibt, die beide Glycin und Cystein enthalten.

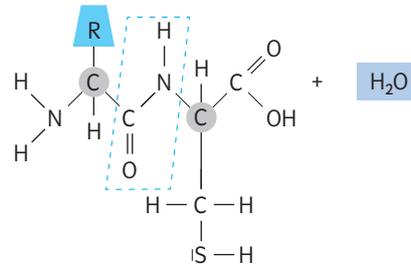
Dipeptide entstehen durch die Reaktion von je einer Aminogruppe der einen Aminosäure (AS) und der Carboxygruppe der anderen AS. Da jede AS beide Gruppen hat, gibt es zwei Reaktionsmöglichkeiten.

**a** Geben Sie für eine Möglichkeit die chemische Gleichung wie in [Abb. 2] an.

Aminosäuren



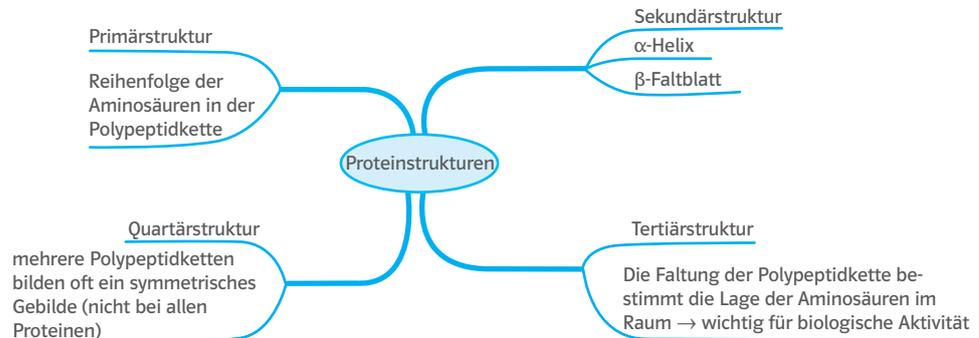
Dipeptid



**b** Markieren Sie die bei der Reaktion neu gebildete Peptidbindung.  
 Vgl. blaue gestrichelte Linie in A2 a

S. 68 **4.2 Die räumliche Struktur eines Proteins beruht auf seiner Aminosäuresequenz**

**A1** Erstellen Sie eine Mind-Map zu den verschiedenen Strukturebenen von Proteinen.



**A2** Ermitteln Sie mithilfe der [Abb. 2], welche Informationen zum Bau eines Proteins aus dem Bändermodell gewonnen und welche daraus nicht gewonnen werden können.

Das Bändermodell zeigt die beiden Sekundärstrukturen ( $\alpha$ -Helix,  $\beta$ -Faltblatt) und damit auch die räumliche Grundstruktur, aber nicht die einzelnen Atome und genaue Moleküloberfläche des Proteins.

S. 71 **4.3 Die Proteinstruktur wird durch chemische Wechselwirkungen stabilisiert**

**A1** Stellen Sie die in Proteinen wirkenden Bindungstypen tabellarisch dar.

Art der Wechselwirkung?	In welcher Strukturebene tritt sie auf?	Wie stark ist sie?
kovalente Bindung	zwischen allen Atomen der Aminosäuren und in der Peptidbindung (Primärstruktur)	Atome teilen sich ein Elektronenpaar, sehr stabil
H-Brücken	zwischen den Peptidbindungen ( $\alpha$ -Helix, $\beta$ -Faltblatt) und einigen Aminosäureresten (Tertiärstruktur)	elektrostatische Anziehung zwischen der positiven Teilladung eines Wasserstoffatoms und der negativen Teilladung eines anderen Atoms in den $\text{NH}_2$ , $\text{OH}$ -, $\text{COOH}$ - und $\text{SH}$ -Gruppen
Ionenbindung	zwischen einigen Aminosäureresten (Tertiärstruktur)	elektrostatische Anziehung zwischen einer positiven Ladung und einer negativen Ladung einer anderen Aminosäure ( $-\text{NH}_3^+$ , $-\text{COO}^-$ )
Van-der-Waals-Kräfte	zwischen allen Aminosäureresten (Tertiärstruktur)	sehr schwache elektrostatische Wechselwirkung zwischen allen Atomen
hydrophobe Wechselwirkungen	zwischen unpolaren Aminosäuren (Tertiärstruktur)	entstehen, indem unpolare Aminosäuren Wasser abstoßen, H-Brücken zwischen Wassermolekülen zerstören und sich dabei zusammenballen (Hinweis: nicht mit Van-der-Waals-Kräften verwechseln)
Disulfid-Brücken	zwischen den S-Atomen von zwei Cystein-Resten (Tertiärstruktur)	sehr stabile kovalente Bindung

**A2** Stellen Sie mithilfe von [Abb. 3, S. 67] eine begründete Vermutung über die Wasserlöslichkeit eines Proteins auf, auf dessen Oberfläche sich zahlreich die Aminosäuren Valin und Leucin befinden.

Solche Proteine sind schwer wasserlöslich. Valin und Leucin sind Aminosäuren mit unpolaren Resten. Sie wechselwirken nicht oder sehr schwach mit den polaren Wassermolekülen.

S. 73 **4.4 Proteine beschleunigen als Biokatalysatoren chemische Reaktionen**

**A1** Erklären Sie die folgende Symbolik.



Ein Enzym (E) reagiert mit einem Stoff, dem Substrat (S), zum Enzym-Substrat-Komplex (ES). Dieser zerfällt. Dabei werden das oder die Produkte (P) gebildet. Das Enzym wird wieder frei und kann an ein neues Substratmolekül (S) binden.

**A2** Vergleichen Sie mithilfe von [Abb. 2] eine chemische Reaktion ohne Enzym und mit Enzym aus energetischer Sicht.

	Reaktion ohne Enzym	Reaktion mit Enzym
chemische Energie der Substrate	gleich (größer als die der Produkte)	
chemische Energie der Produkte	gleich (kleiner als die der Substrate)	
Energiedifferenz Substrat/Produkt	gleich	
Aktivierungsenergie	hoch	niedrig

(Hinweis: Die Tabellenform ist hier nicht zwingend nötig.)

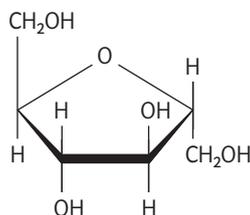
S. 76 **4.5 Enzyme sind substratspezifisch und wirkungsspezifisch**

**A1** Erklären Sie die Begriffe Wirkungs- und Substratspezifität von Enzymen.

Wirkungsspezifität: Ein Enzym katalysiert nur eine bestimmte Reaktionsart.

Substratspezifität: Ein Enzym kann nur ein bestimmtes Substrat binden.

**A2** An Fructose kann die Hexokinase ebenfalls eine Phosphatgruppe anhängen. Begründen Sie das mithilfe der [Abb. 3]. Stellen Sie eine begründete Vermutung an, ob Fructose oder Glucose im aktiven Zentrum besser bindet.



Fructose und Glucose sind ähnliche Moleküle. Fructose kann am aktiven Zentrum der Hexokinase binden, weil die dafür notwendigen OH-Gruppen an ähnlicher Stelle im Molekül liegen wie beim Glucosemolekül. Damit ist eine Bindung im aktiven Zentrum möglich. Außerdem wird der Phosphat-Rest an der gleichen Stelle (-CH<sub>2</sub>OH) wie bei Glucose an Fructose gebunden.

Vermutung: Glucose bindet besser im aktiven Zentrum, weil die räumliche Ausrichtung der OH-Gruppen besser zu den bindenden Aminosäuren (Asp 211, Glu 269, Glu 302) im aktiven Zentrum passt. Fructose könnte nur an zwei der drei Stellen binden, weil die OH-Gruppe auf der linken Seite des Moleküls fehlt, die an Asp 211 binden würde.

## S. 78 4.6 Enzym- und Substratkonzentration bestimmen die Reaktionsgeschwindigkeit

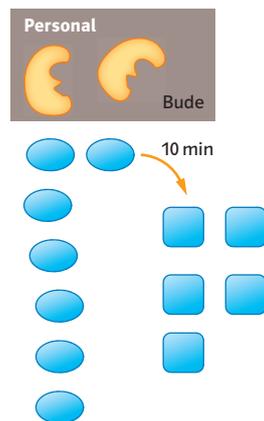
**A1** Betrachtet man chemische Reaktionen auf der Teilchenebene, braucht es drei Voraussetzungen, damit zwei Teilchen A und B zu AB reagieren können:

- A und B müssen vorhanden sein.
- A und B müssen zusammenstoßen.
- Beim Zusammenstoß muss für die Reaktion notwendige Aktivierungsenergie vorhanden sein.

**Begründen Sie mithilfe dieser Voraussetzungen die Konzeptüberschrift „Enzym- und Substratkonzentration bestimmen die Reaktionsgeschwindigkeit“.**

Das Konzept lautet: Enzym- und Substratkonzentration bestimmen die Reaktionsgeschwindigkeit. A ist das Substrat und B das Enzym. Beide müssen aufeinandertreffen, um den Enzym-Substrat-Komplex zu bilden. Eine hohe Substratkonzentration steht für eine große Anzahl von Substratteilchen. Die Erhöhung der Anzahl der Substratmoleküle führt zu einer höheren Wahrscheinlichkeit der Begegnung zwischen Substrat- und Enzymmolekülen, was dazu führt, dass mehr Enzym-Substrat-Komplex-Moleküle entstehen. Die Reaktion wird schneller. Das gilt auch, wenn nur die Anzahl der Enzymmoleküle steigt. Am schnellsten wird die Reaktion jedoch, wenn sowohl die Konzentration der Substrat- als auch der Enzymmoleküle erhöht wird. An der für die Reaktion notwendigen Energie ändert die Konzentration der Stoffe nichts.

**A2** a Zeichnen Sie das rechte „Budenmodell“ aus [Abb. 3] mit doppeltem Personal und 7 Kunden neu.



**b Beschreiben und begründen Sie die Veränderung gegenüber der [Abb. 3] rechts mit den Fachbegriffen für Enzymreaktionen.**

Durch die Erhöhung der Enzymkonzentration (= Verdopplung des Personals) erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit (= Bedienungsgeschwindigkeit). Es entsteht in der gleichen Zeit (= 10 min) mehr Produkt (= 5 statt nur 3 bediente Kunden). Gibt es mehr Enzyme (= Personal) bei gleicher Substratkonzentration (= Kundenzahl) gibt es mehr Zusammenstöße zwischen Enzymmolekülen und Substratmolekülen (= Bestellungen) und mehr Reaktionen zum Produkt (= bediente Kunden) pro Zeiteinheit.

S. 80 **4.7 pH-Wert und Temperatur beeinflussen die Enzymaktivität**

**A1 Die Geschwindigkeit von Enzymreaktionen ist von Umweltfaktoren abhängig. Nennen Sie diese und erklären Sie die Ursachen.**

Temperatur: Mit steigender Temperatur werden auch Enzymreaktionen schneller, weil sich die Teilchen schneller bewegen und damit häufiger und mit mehr Energie zusammenstoßen. Gleichzeitig beschädigt größere Hitze die Enzymmoleküle. So werden die Enzymreaktionen bei steigender Temperatur wieder langsamer, bis sie schließlich zum Erliegen kommen, wenn alle Enzymmoleküle denaturiert sind.  
 pH-Wert: Enzyme sind Proteine. Für die Reaktion muss das Substrat im aktiven Zentrum des Enzyms anbinden. Für die Bindung sind auch zwischenmolekulare Kräfte wie Wasserstoffbrücken notwendig. Wasserstoff-Ionen der Säuren können an den freien Carboxygruppen der negativ geladenen Aminosäuren im Enzym anbinden und die Wasserstoffbrücken zu dem Substratmolekül verhindern. Es bindet dann schlechter im Zentrum. Deshalb hat die Wasserstoff-Ionen-Konzentration einer Lösung, die als pH-Wert gemessen wird, Einfluss auf die Enzymaktivität.

**A2 Lebensmittel verderben, weil Mikroorganismen sie besiedeln und als Nahrung benutzen. Dabei entstehen oft übelriechende und giftige Stoffe. Begründen Sie, warum dagegen folgendes hilft: Ansäuern (Sauerkraut, saure Gurken), Einkochen (Fruchte, Fleisch), Kühlen und Tiefrieren (alle Lebensmittel).**

Ansäuern (Sauerkraut, saure Gurken)	Änderung des pH-Werts: Enzyme der Mikroorganismen funktionieren nicht mehr oder schlechter
Einkochen (Fruchte, Fleisch)	Die Enzyme der Mikroorganismen denaturieren. Letztere sterben ab.
Kühlen und Tiefrieren (alle Lebensmittel)	Absenken der Temperatur: Enzyme der Mikroorganismen funktionieren nicht mehr oder langsamer

S. 83 **4.8 Enzyme werden durch Hemmstoffe und Förderstoffe reguliert**

**A1 Vergleichen Sie die kompetitive und die allosterische Enzymhemmung tabellarisch.**

kompetitive Hemmung	allosterische Hemmung
verändern die Geschwindigkeit von Enzymreaktionen	
Stoffe binden an das Enzym.	
im aktiven Zentrum Substrat und Hemmstoff konkurrieren um den Platz im aktiven Zentrum.	nicht im aktiven Zentrum
Das aktive Zentrum wird blockiert.	Die Konformation des aktiven Zentrums wird verändert.
Die Erhöhung der Substratkonzentration verringert die Hemmung.	Die Erhöhung der Substratkonzentration verringert die Hemmung nicht.
können enzymatische Reaktionen regulieren	

**A2** Beschreiben Sie die abgebildete Enzymreaktion. Verwenden Sie die Fachbegriffe aus [4.8].



Die Abbildung zeigt die Aktivierung von Enzym (A) durch Magnesium-Ionen. Diese bewirkt die Änderung des aktiven Zentrums. Das Substrat B kann erst jetzt vom aktivierten Enzym gebunden und umgesetzt werden. Das sich bildende Produkt kann aber ebenfalls in das aktive Zentrum von Enzym A binden. Es konkurriert also mit Substrat B darum. Folglich liegt eine kompetitive Hemmung durch das Produkt der Enzymreaktion vor. Das Produkt hemmt also seine eigene Herstellung.

S. 86 4

**Kombiniere!**

**A1** Wenn Sie etwas Traubenzucker (Glucose) im Mund zergehen lassen, nimmt er Ihre 37° Körpertemperatur an. Er reagiert trotzdem nicht mit dem Sauerstoff der Luft. Dagegen kann Glucose, die von Ihren Körperzellen aufgenommen wird, dort bei 37°C nach Bedarf schrittweise zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut werden. Dabei wird Energie für den Aufbau von ATP freigesetzt. Erklären Sie, weshalb Traubenzucker bei 37°C in der Zelle, aber nicht im Mund reagiert.

Bei 37°C ist die Aktivierungsenergie für die Reaktion von Glucose mit Sauerstoff nicht erreicht, deshalb „verbrennt“ der Zucker nicht im Mund. In den Körperzellen kann die Reaktion trotzdem stattfinden, weil Enzyme vorhanden sind, die die Aktivierungsenergie absenken und die Reaktion bei 37°C ermöglichen.

**A2** Erläutern Sie die Bedeutung des Enzym-Substrat-Komplexes für eine biochemische Reaktion.

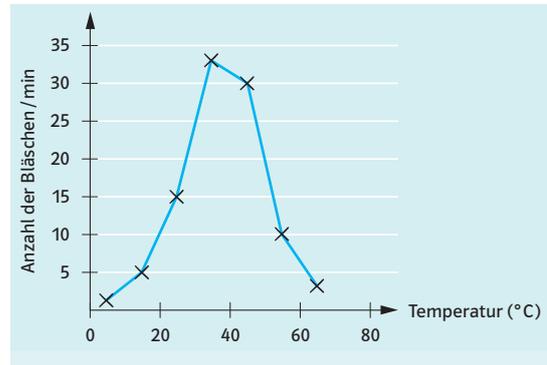
Der Enzym-Substrat-Komplex ist die Verbindung zwischen Substrat und Enzym. Er kann viel leichter (also bei geringerer Aktivierungsenergie) zum Produkt reagieren, als es die Substratmoleküle allein tun könnten. Über die Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit.

**A3** Bier und Wein enthalten Alkohol (genauer Ethanol). Hefepilze bauen die in Gerste und Weintrauben enthaltenen Kohlenhydrate zu Traubenzucker (Glucose) um, den sie als Nährstoff nutzen. Im Prozess der alkoholischen Gärung wird Glucose in Abwesenheit von Sauerstoff schrittweise enzymatisch unter Freisetzung von Energie abgebaut. Als Stoffwechselprodukte entstehen Ethanol und Kohlenstoffdioxid. Die Aktivität der Enzyme in den Hefepilzen kann experimentell untersucht werden. Dazu werden Hefepilze in einer Glucose-Lösung aufgeschwemmt und in Erlenmeyerkolben kultiviert, die mit einem Gärröhrchen versehen sind [Abb 1. rechts]. Die Anzahl der Kohlenstoffdioxid-Bläschen pro Minute, die durch das Gärröhrchen entweichen, ist ein Maß für die Aktivität der Gärungsenzyme.

**a** Stellen Sie eine Hypothese zur Aktivität von Enzymen bei unterschiedlichen Temperaturen auf.

Hypothese: Die Aktivität von Enzymen erhöht sich mit steigender Temperatur, erreicht ein Maximum und geht dann wieder zurück.

**b Die Überprüfung der Hypothese erfolgt experimentell, mit dem beschriebenen Gärungsversuch als Messmethode. Die Tabelle in [Abb.1 links] enthält die Beobachtungs- und Messergebnisse. Stellen Sie diese in einem Diagramm dar.**



**c Bewerten Sie mit den Ergebnissen des Experiments Ihre Hypothese aus Teilaufgabe a).**

Die Aktivität steigt von 5 °C bis 35 °C (Maximum) und geht ab 35 °C bis 65 °C wieder zurück. Die Hypothese war richtig.

(Hinweis: Eine falsche Hypothese bei a ist hier mithilfe des Messwertes zu widerlegen.)

**d Begründen Sie den Kurvenverlauf aus Teilaufgabe b).**

Die Aktivität steigt von 5 °C bis 35 °C, weil eine höhere Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit allgemein erhöht. Gleichzeitig denaturieren Proteine bei Hitze. Dieser Effekt führt zur Abnahme der Wirksamkeit der Enzyme und ihrer Zerstörung ab 35 °C.

**A4 Isoleucin ist eine Aminosäure, die für den Aufbau funktionsfähiger Proteine im Körper unverzichtbar ist. Der Mensch kann Isoleucin nicht selbst herstellen. Deshalb muss Isoleucin mit der Nahrung aufgenommen werden. Viele Bakterien können jedoch Isoleucin synthetisieren. Dabei kann beobachtet werden, dass die Herstellung von Isoleucin in der Bakterienzelle langsam gedrosselt wird, wenn der Isoleucin-Spiegel im Cytoplasma ansteigt. Die [Abb. 2] zeigt Reaktionen zur Herstellung von Isoleucin im Bakterienstoffwechsel vereinfacht.**

**a Beschreiben Sie die Herstellung von Isoleucin in der Bakterienzelle.**

Ausgangssubstrat für die Isoleucin-Herstellung ist Threonin. Es wird über fünf enzymatische Reaktionen schrittweise zu Isoleucin umgewandelt.

**b Erläutern Sie die Regulierung der Isoleucin-Produktion in der Bakterienzelle.**

Isoleucin ist das Endprodukt und wirkt gleichzeitig als Hemmstoff auf das Enzym, das Threonin im ersten Reaktionsschritt umsetzt. Es bindet am Enzym 1, wodurch sich die Struktur des aktiven Zentrums verändert (= allosterische Hemmung). Damit unterbricht Isoleucin seine eigene Synthese.

**c Beim Abfall der Isoleucin-Konzentration in der Bakterienzelle kommt die Produktion dieser Aminosäure wieder in Gang. Stellen Sie eine Hypothese über die Ursache auf.**

Hypothese: Die Bindung zwischen Threonin und Enzym 1 ist reversibel. Sinkt also die Threonin-Konzentration in der Zelle, lösen sich die Moleküle wieder vom Enzym, das aktive Zentrum nimmt seine ursprüngliche Struktur an und kann wieder Threonin binden. Die Reaktionskette startet wieder.

### Viele Eindringlinge werden sofort erkannt und von Immunzellen gefressen

**A1** Recherchieren Sie zu den in [Abb. 1] angegebenen Antigenen bzw. Krankheitserregern konkrete Beispiele und nennen Sie die dazugehörigen Krankheiten/Beschwerden.

(Hinweis: individuelle Lösung)

mögliche Lösung:

Antigene von	Beispiel	Krankheit/Beschwerden
körperfremde Proteine, Zucker, Lipide	infektiöse Proteine (Prionen)	BSE/Rinderwahnsinn, Creutzfeldt-Jakob-Krankheit
Tumorzellen	von Krebszellen selbst produzierte Antigene	unterschiedliche Krebstypen
Viren	Poliovirus	Kinderlähmung
Bakterien	<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
Parasiten	Plasmodium	Malaria
Pilze	Schimmelpilze	Aspergillose, eine Infektion der Atemwege oder der Haut

**A2 a** Erläutern Sie das Zusammenspiel der in [Abb. 4] dargestellten Immunzellen bei der Bekämpfung von in eine Wunde eingedrungenen Erregern auch unter Berücksichtigung des Basiskonzepts „Information und Kommunikation“.

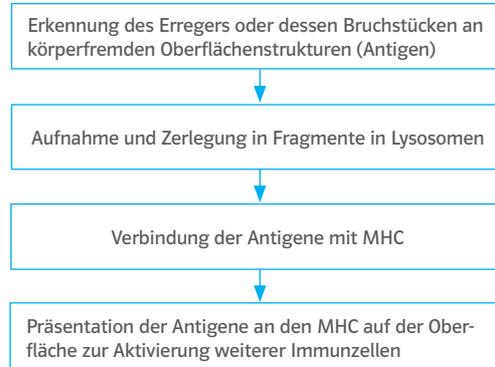
Nach der Aufnahme der Erreger durch die Fresszellen wird eine koordinierte Abfolge von Abwehrreaktionen gestartet, an der unterschiedliche Immunzellen beteiligt sind. Dies führt zu einer Entzündungsreaktion. Die von den Fresszellen freigesetzten Cytokine locken Mastzellen an, die dann Histamin freisetzen. Als Folge können weitere Immunzellen in das geschädigte Gewebe einwandern, u. a. auch Granulocyten. Diese geben schmerzauslösende Prostaglandine an das Gewebe ab.

**b** Erklären Sie, warum das Erkennen von Erreger-Antigenen Voraussetzung für die Immunabwehr ist.

Die Erkennung der Antigene der körperfremden Strukturen erfolgt sowohl bei der angeborenen als auch bei der erworbenen Immunität über bestimmte Rezeptorproteine in der Zellmembran der Immunzellen. Nur wenn das Immunsystem Mikroorganismen, Viren oder entartete Zellen erkennt, kann es die notwendigen Abwehrreaktionen einleiten.

S. 91 **5.2** **Erworbene Immunität beruht auf dem spezifischen Erkennen von Antigenen**

**A1** Stellen Sie den Prozess vom Erstkontakt eines Makrophagen mit einem Erreger bis zur Präsentation des Antigens an der Oberfläche des Makrophagen in einem Flussdiagramm dar.



**A2** Erläutern Sie, wie ein MHC sein Antigen trifft und wie er dann damit an die Zelloberfläche gelangt, auch mit Ihren Kenntnissen über das Endomembransystem.

Die Fragmente der Erreger werden ins endoplasmatische Reticulum (ER) transportiert. Die MHC-Moleküle werden am rauhen ER hergestellt. Im ER werden die zu präsentierenden Antigene an die MHC-Moleküle gebunden, um sie später zu präsentieren. Die mit den Antigenen verbundenen MHC-Moleküle werden in eine Vesikelmembran eingebaut und wandern zur Zellmembran. Hier verschmelzen die Vesikel mit der Zellmembran und die mit dem Antigen beladenen MHC-Moleküle gelangen an die Oberfläche der Zellmembran.

S. 93 **5.3** **Viren dringen in Zellen ein und veranlassen sie zur Virenproduktion**

**A1 a** Nennen Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede eines Nanovirus, eines Rotavirus und des Ebola-Virus [Abb. 1].

Alle drei Viren haben Nucleinsäuren als Erbgut, beim Nanovirus ist es einzelsträngige DNA, bei den anderen beiden RNA. Beim Ebola-Virus ist die RNA einzelsträngig, beim Rotavirus doppelsträngig. In allen drei Fällen ist das Erbgut von wenigstens einer Kapsel umhüllt. Beim Ebola-Virus befindet sich auf der Kapsel noch eine Hüllmembran, aus der virusspezifische Proteine herausragen. Beim Rotavirus befinden sich drei übereinanderliegende Kapseln, wobei die äußere zusätzlich mit virusspezifischen Proteinen besetzt ist. Die drei Viren unterscheiden sich in ihren Wirten.

**b** Vergleichen Sie RNA und DNA tabellarisch.

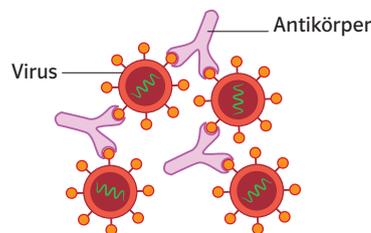
	RNA	DNA
Name	Ribonucleinsäure	Desoxyribonucleinsäure
Zucker	Ribose	Desoxyribose
Baustein zwischen den Zuckern	Phosphat	
Basen	Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C), Uracil (U)	Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C), Thymin (T)
Stränge	meist einzelsträngig	doppelsträngig
Basenpaarung	keine	A-T (zwei Wasserstoffbrücken), C-G (drei Wasserstoffbrücken)
Funktion	abgeschriebener Proteinbauplan	Erbgut

**A2 Beschreiben Sie anhand von [Abb. 3], wie mithilfe einer Zelle die Virusvermehrung erfolgt.**

Das Adenovirus dockt an die Tierzelle an, indem das Faserprotein auf der Virushülle an ein Rezeptorprotein auf der Zellmembran der Wirtszelle bindet. Als Folge wird die Kapsel des Virus durch Endocytose in die Zelle aufgenommen und im gebildeten Lysosom abgebaut. So gelangt das Erbgut des Adenovirus (ein doppelsträngiges DNA-Molekül) ins Cytoplasma. Von dort wandert es in den Zellkern und wird dort vervielfältigt. Die gebildeten Kopien wandern zurück ins Cytoplasma. Zeitgleich wird virale DNA im Zellkern in mRNA umgeschrieben, die auch ins Cytoplasma wandert. An den Ribosomen im Cytoplasma werden aus den Informationen der mRNA die Virusproteine in großer Zahl hergestellt. Aus den Einzelteilen (Virus-DNA, Kapselproteine, Hüllproteine) setzen sich schließlich neue Viren zusammen. Durch das Aufplatzen der Zelle gelangen die neuen Viren in die Umgebung und können weitere Zellen befallen.

S. 95 **5.4 Bestimmte Immunzellen stellen Antikörper her und setzen sie frei**

**A1 a Erläutern Sie anhand von [Abb. 1] die Antigen-Antikörper-Reaktion (zum Begriff siehe [5.2]).**



Antigen und Antikörper passen zusammen wie Schlüssel und Schloss. Die Antikörper binden dabei mit der variablen Region meist nur einen spezifischen Teil des Antigens, ein Epitop. Dabei entsteht ein Antigen-Antikörper-Komplex, auch Immunkomplex genannt. Der Vorgang wird als Antigen-Antikörper-Reaktion bezeichnet. Das Schlüssel-Schloss-Prinzip beruht auf der Passgenauigkeit, die zwischen der Bindestelle des Antikörpers und der Erkennungsstelle des Antigens besteht.

**b Begründen Sie anhand der Abbildung, warum Antikörper zwei identische Antigen-Bindungsstellen besitzen. Berücksichtigen Sie dabei auch das Basiskonzept „Struktur und Funktion“.**

Jede B-Zelle produziert nur einen ganz speziellen Typ Antikörper. Jeder Antikörper erkennt nur ein ganz bestimmtes Antigen des Eindringlings. Der Antikörper besitzt zwei passgenaue Bindungsstellen für sein Antigen. Er kann also zwei Antigene gleichzeitig binden und dann einen Antigen-Antikörper-Komplex bilden. Wenn das Antigen mehr als eine Erkennungsstelle für Antikörper hat, können mehrere Antikörper an das Antigen binden. Nur dann kann der vernetzte Antigen-Antikörper-Komplex entstehen. Ist so ein Netzwerk groß genug, kann es als „Präzipitat“ von Makrophagen aufgenommen und verdaut werden.

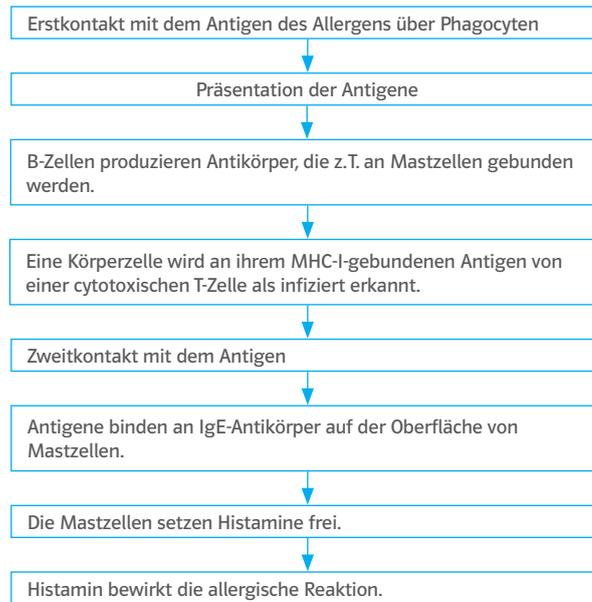
**A2 Erläutern Sie anhand des Textes und [Abb. 3] die Produktion von spezifischen Antikörpern durch B-Zellen.**

Die unzähligen B-Zellen unterscheiden sich in ihrem individuellen B-Zellrezeptor. Kommt nun eine beliebige B-Zelle in Kontakt mit einem Antigen, dessen Epitop zufällig genau zu ihrem B-Zellrezeptor passt, wird das Antigen an diesem Rezeptor gebunden. Das Antigen wird durch Endocytose aufgenommen und zerlegt. Anschließend wird ein Fragment mit dem erkannten Epitop im MHC auf der Oberfläche der B-Zelle präsentiert. Eine T-Helferzelle, die ihrerseits von einem Makrophagen durch das gleiche Antigen-Epitop aktiviert wurde, dockt mit passenden T-Zellrezeptor am MHC der B-Zelle an. Anschließend wird die B-Zelle über Boten-

stoffe der T-Helferzelle aktiviert. Die aktivierte B-Zelle vermehrt sich massenhaft zu einem Klon. Der überwiegende Teil dieser identischen B-Zellen entwickelt sich zu Plasmazellen, die große Mengen Antikörper ausschütten. Diese Antikörper sind passgenau gegen das zuvor präsentierte Antigen-Epitop gerichtet.

S. 97 **5.5 Bei Allergien und Autoimmunkrankheiten reagiert das Immunsystem falsch**

**A1 Erstellen Sie ein Flussdiagramm zum Ablauf einer allergischen Reaktion.**



**A2 Vergleichen Sie Allergien und Autoimmunkrankheiten tabellarisch.**

	Autoimmunkrankheit	Allergie
Immunreaktion	Abwehrreaktion des Immunsystems gegen körpereigene Moleküle und Zellen	Überreaktion des Immunsystems
Auslöser	Fehler bei der Bildung der immunologischen Toleranz	harmlos, z. B. Pollen, Milben, Nahrungsmittel
Bildung von Antikörpern	ja	
Besonderheit	-	Histaminfreisetzung aus Mastzellen
Folge	z. B. Zerstörung von körpereigenem Gewebe	allergische Reaktion, z. B. Atemnot/Asthmaanfall

S. 99 **5.6 Impfstoffe simulieren im Körper eine Infektion mit einem Erreger**

**A1 Erklären Sie anhand von [Abb. 1] die schnelle und starke sekundäre Immunantwort.**

Bei der Erstinfektion läuft die adaptive Immunantwort mit allen Phasen ab. Nach der Aktivierungsphase finden humorale und zelluläre Immunantworten statt. Die gebildeten B- und T-Gedächtniszellen bilden dann das immunologische Gedächtnis. Bei einer Zweitinfektion liegen bereits Gedächtniszellen vor, d. h. die Aktivierungsphase entfällt. Aus den B-Gedächtniszellen können sehr schnell die benötigten antikörperproduzierenden Plasmazellen gebildet werden. Die Antikörperkonzentration steigt schnell stark an. Die Immunantwort kann schneller und

verstärkt anlaufen, sodass die Krankheit aufgrund der hohen Antikörperkonzentration nicht zum Ausbruch kommt.

**A2 a Erklären Sie, warum man die aktive Immunisierung auch Schutzimpfung nennt.**

Bei der Schutzimpfung wird lange vor einer möglichen Infektion ein Kontakt mit Antigenen des entsprechenden Erregers simuliert. Gegen diese Antigene bildet das Immunsystem dann Gedächtniszellen, sodass bei einer Infektion der Erreger sehr schnell bekämpft werden kann. Da der Schutz vor dem Erreger so durch das Immunsystem selbst aufgebaut wird, spricht man von Schutzimpfung.

**b Recherchieren Sie weitere Vergleichskriterien der beiden in [Abb. 2] betrachteten Impfstoffe und vervollständigen Sie die dortige Tabelle.**

(Hinweis: individuelle Lösung)

mögliche Lösung:

Vergleichskriterien		Proteinimpfstoff	mRNA-Impfstoff
Besonderheiten	Langzeiterfahrung	höher als beim mRNA-Impfstoff, für einige Impfungen etabliert	neuartiger Impfstoff, zu dem aber aufgrund der hohen Impf-raten mittlerweile eine enorme Datenmenge verfügbar ist
	Flexibilität	hoch, da die Proteine gentechnisch hergestellt werden, aber geringer als beim mRNA-Impfstoff	hoch, schnelle Anpassung des Wirkstoffs an Veränderungen des Erregers möglich (innerhalb weniger Monate)
	Nebenwirkungen	Impfnebenwirkungen können auftreten	
	...	...	...

**c Vergleichen Sie auf der Basis einer Recherche aktive und passive Immunisierung tabellarisch. Orientieren Sie sich dazu an [Abb. 2].**

(Hinweis: individuelle Lösung)

mögliche Lösung:

	aktive Immunisierung	passive Immunisierung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Gedächtniszellen</li> <li>• schnelle, starke Abwehrreaktion bei einer Infektion</li> <li>• Erkrankung wird vermieden</li> <li>• wirkt lange, ggf. ein Leben lang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antikörper sind sofort vorhanden</li> <li>• nach einer Infektion anwendbar</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muss deutlich vor der Infektion erfolgen</li> <li>• kann Nebenwirkungen haben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Gedächtniszellen</li> <li>• Erkrankung findet statt</li> <li>• nur kurzzeitige Wirkung</li> </ul>

S. 101 **5.7 Schutzimpfungen helfen einem selbst und auch anderen Personen**

**A1 a „Herdenimmunität kann Mitmenschen schützen.“ Erklären Sie diese Aussage anhand der [Abb. 1].**

Herdenimmunität liegt vor, wenn die Bevölkerung zu einem bestimmten Prozentsatz gegen die betreffende Infektionskrankheit immunisiert ist. So wird bei einem Ausbruch die Infektionskette schnell wieder unterbrochen und die Krankheit kann sich nicht weiter ausbreiten. So werden auch Personen, die aus unterschiedlichen Gründen nicht geimpft werden können, geschützt. Der individuelle Impfschutz trägt zum Schutz der Gemeinschaft bei.

**b Nennen Sie Gründe, warum der Prozentsatz der Geimpften zum Erreichen einer Herdenimmunität gegen einen bestimmten Erreger so hoch sein muss.**

Erst bei einer sehr hohen Impfquote kann die Infektion sich nicht weiter ausbreiten, da die Infizierten sehr wenige weitere Personen anstecken können. Die Infektionskette wird also sehr schnell wieder unterbrochen, da die geimpften Personen die Infektion schnell abwehren, ohne dabei andere zu infizieren. Herdenimmunität stellt sich also nicht ein, wenn es zu wenige Geimpfte und Genesene gibt. Somit profitieren alle von einer hohen Impfquote.

**c Recherchieren Sie medizinische Gründe, warum sich manche Menschen nicht impfen lassen können.**

(Hinweis: individuelle Lösung)

mögliche Lösung:

- chronische Krankheiten
- Immunschwächekrankheiten
- notwendige Einnahme bestimmter Medikamente
- Schwangerschaft
- zu geringes Alter, z. B. Kleinkinder oder Säuglinge

**A2 Begründen Sie die Entscheidung für die Masern-Impfpflicht aus der Sicht eines Ministers, der dazu einen Gesetzesentwurf vorlegt, und die Entscheidung gegen die Masern-Impfpflicht aus der Sicht eines Impfgegners.**

(Hinweis: individuelle Lösung)

mögliche Lösung:

Minister, der einen Gesetzesentwurf vorlegt:

„Eine einmalige Impfung gegen Masern bietet lebenslangen Schutz. Die langfristige Wirkung einer Schutzimpfung, die seit vielen Jahren erprobt und gut verträglich ist, verhindert schwere, manchmal sogar tödliche Verläufe einer Maserninfektion. Zudem wird so auch der Personenkreis geschützt, der sich aus medizinischen Gründen nicht impfen lassen kann. Diese Solidarität ist in einer Gesellschaft besonders wichtig und muss gesetzlich verankert werden.“

Impfgegner:

„Als Elternteil ist es meine Aufgabe, alle möglichen Schäden von meinem Kind abzuwenden. Bei der Masernimpfung werden Fremdstoffe injiziert, mit denen mein Kind sonst nicht in Kontakt kommen würde. Da die körperliche Unversehrtheit eines Menschen gewahrt bleiben muss, bin ich gegen eine Impfpflicht. Alle Eltern sollten für ihre Kinder, solange diese noch nicht selbst entscheiden können, nach bestem Gewissen eine Entscheidung treffen dürfen.“

S. 104 **5**

**Kombiniere!**

**A1 In [5.6] sind mRNA-Impfstoffe beschrieben. Ein injizierter mRNA-Impfstoff wird entweder von Muskelzellen oder z. B. von einem Makrophagen aufgenommen [Abb. 1a]. In b sehen Sie, wie es dann in diesem weitergeht.**

**a Erklären Sie die Vorgänge der Immunreaktion in Makrophagen mit den Nummern 1 bis 8.**

Der Impfstoff besteht aus einer Bauanleitung für ein Oberflächenprotein des Erregers. Diese mRNA ist in einer Lipidhülle verpackt. Dieses Paket wird mittels Endocytose vom Makrophagen aufgenommen (1). Im Cytoplasma wird die mRNA freigesetzt (2). Im Cytoplasma wird an den Ribosomen (3) anhand des Bauplans das Protein, das als Antigen wirken soll, in großer Zahl hergestellt (4). Diese Antigene werden an MHC-Moleküle gebunden und an der Oberfläche des Makrophagen präsentiert (5). Das MHC bindet vorübergehend über das Antigen an einen T-Zellrezeptor (6). Auf diese Weise werden naive, also unreife T-Helferzellen und cytotoxische T-Zellen aktiviert (7 und 8).

**b Erläutern Sie, wie in diesem Beispiel Immunität erreicht wird. Nutzen Sie [Abb. 1, S. 91].**

Nach der Aktivierung der T-Helferzellen und cytotoxischen T-Zellen durch Cytokine werden diese wieder freigesetzt. Es werden eine humorale und eine zelluläre Immunantwort eingeleitet, wodurch neben Antikörpern gegen das Antigen auch B- und T-Gedächtniszellen entstehen. Die Immunität wird also dadurch erreicht, dass der Körper ein immunologisches Gedächtnis bildet, nachdem er einen Bestandteil des Virus (ein Oberflächenprotein) nachgebildet hat, ohne jemals mit dem Erreger in Kontakt gekommen zu sein.

**c Beurteilen Sie die Aussage eines Impfgegners: „mRNA-Impfstoffe verändern meine DNA.“**

Die Aussage des Impfgegners ist falsch. Die Abbildung zeigt, dass alle Vorgänge im Cytoplasma der betroffenen Zellen stattfinden. Es kommt also nicht zum Kontakt mit der DNA im Zellkern. Nach der Translation wird die mRNA durch Enzyme im Cytoplasma abgebaut.

(Hinweis: Selbst wenn in seltenen Fällen (durch gleichzeitige Infektion mit einem sogenannten Retrovirus) ein Einbau geimpfter RNA in die zelluläre DNA stattfände, würde das lediglich Zellen an der Impfstelle betreffen, was Fachleute für unbedenklich halten.)

**A2 Bei der aktiven Immunisierung (Schutzimpfung) baut der Körper selbst einen Schutz gegen den spezifischen Erreger auf. Bei der passiven Immunisierung (Heilimpfung) wird dem Patienten ein Heilserum mit den spezifischen Antikörpern gespritzt. Zwei Personen A und B wurden aus unterschiedlichen Gründen gegen eine Kinderkrankheit geimpft. Anschließend wurde die im Blut jeweils vorhandene Menge an Antikörpern gegen das Virus kontinuierlich bestimmt [Abb. 2].**

**a Beschreiben Sie die Kurvenverläufe für die Personen A und B [Abb. 2].**

Dargestellt ist die Menge der Antikörper in relativen Einheiten aufgetragen gegen die Zeit in Wochen. Zu erkennen sind zwei Kurven von unterschiedlichen Personen, die zum gleichen Zeitpunkt geimpft wurden. Für Person A ist die Antikörper-Konzentration bei der Impfung auf einem Maximum und sinkt dann über einen Zeitraum von 7 Wochen ab. Für Person B beginnt die Antikörper-Konzentration bei 0, steigt dann an und hält sich ab Woche 3 auf einem erhöhten Wert.

**b Ordnen Sie den beiden Kurven je ein Verfahren der Immunisierung zu und begründen Sie Ihre Zuordnung anhand der Kurvenverläufe.**

Person A: Es handelt sich um eine passive Immunisierung. Der Körper bekommt die Antikörper gespritzt. Ihre Konzentration nimmt anschließend ab, da sie durch Verklumpung und Abbau verbraucht werden.

Person B: Es handelt sich um eine aktive Immunisierung. Nach der Impfung läuft die Immunreaktion ab und der Körper bildet selbst die Antikörper.

**c Nennen Sie mögliche Gründe für die Wahl des jeweiligen Impfverfahrens in [Abb. 2].**

Bei Person A handelt es sich um eine Heilimpfung. Die Person ist bereits erkrankt, die injizierten Antikörper sind sofort vorhanden.

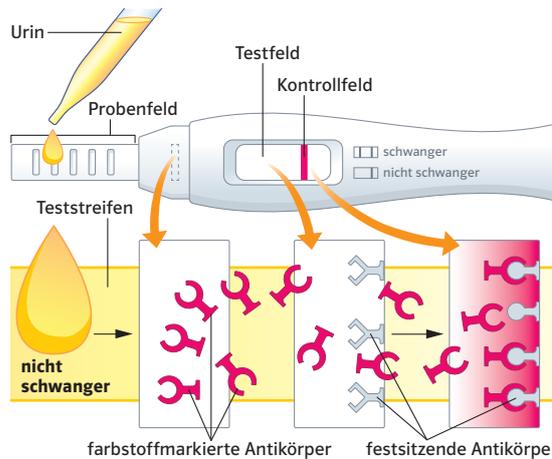
Bei Person B handelt es sich um eine Schutzimpfung. Sie muss deutlich vor der Infektion erfolgen, die Erkrankung wird vermieden.

**A3 Bei Schwangeren kann ab dem 14. Tag nach der Befruchtung das Hormon hCG (humanes Choriogonadotropin) im Urin nachgewiesen werden. Dies macht man sich bei handelsüblichen Schwangerschaftstests zunutze. Der Urin wird auf das Probenfeld gegeben und bis zum Kontrollfeld gesogen.**

**a Beschreiben Sie das Prinzip des Schwangerschaftstests anhand von [Abb. 3].**

Der Schwangerschaftstest beruht auf der Antigen-Antikörper-Reaktion zwischen festsetzenden Antikörpern und dem Hormon hCG. Durch Ausbildung einer Sandwich-Struktur zwischen dem farbstoffmarkierten Antikörper, dem Antigen und dem festsetzenden Antikörper kommt es beim Vorliegen einer Schwangerschaft im Testfeld zu einer Farbreaktion.

**b** Skizzieren Sie die Immunreaktionen im Probenfeld, im Testfeld und im Kontrollfeld, wenn keine Schwangerschaft vorliegt.



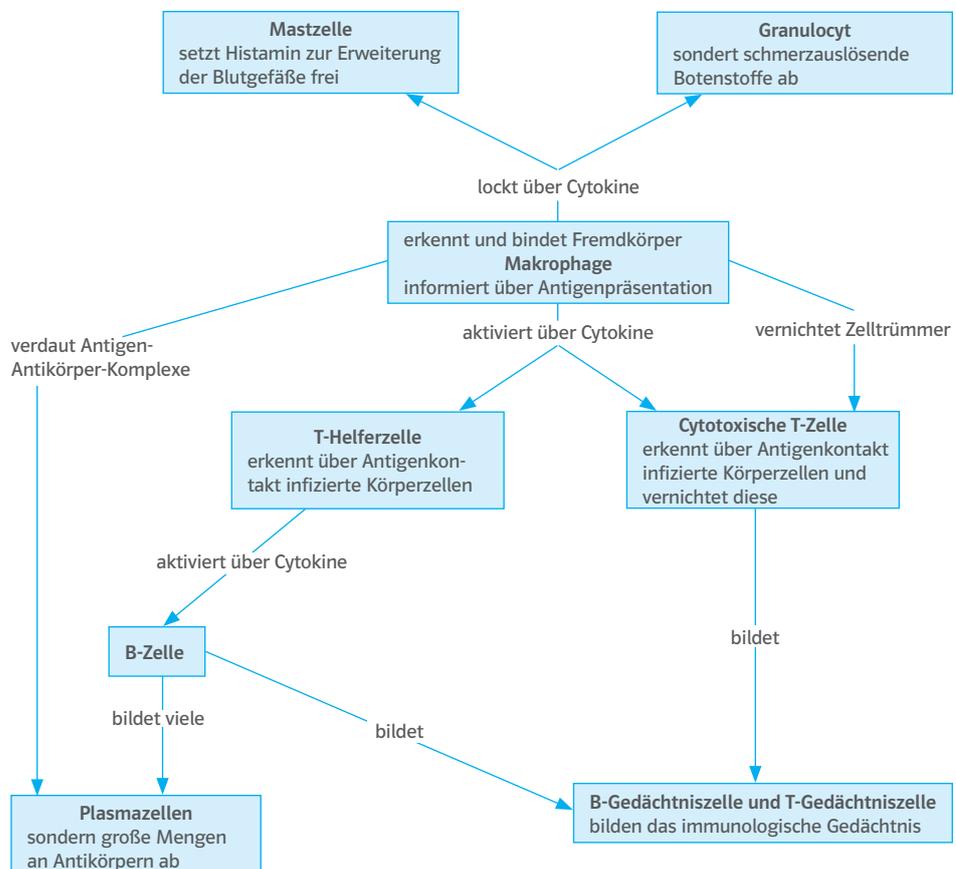
**c** Erläutern Sie die Bedeutung des Kontrollfelds.

Das Kontrollfeld zeigt an, dass farbstoffmarkierte Antikörper vorliegen und an die festsetzenden hCG spezifischen Antikörper gebunden haben.

**d** Beim Schwangerschaftstest liegt im Probenfeld ein Überschuss an farbstoffmarkierten Antikörpern vor. Erläutern Sie deren Notwendigkeit.

Der Überschuss an farbstoffmarkierten Antikörpern ist notwendig, damit nach dem Antigenkontakt noch genügend für die Reaktion im Kontrollfeld zur Verfügung stehen.

**A4** Erstellen Sie eine Concept-Map mit den Aufgaben und der Zusammenarbeit der unterschiedlichen Immunzellen [Abb. 2, S. 89] im Immunsystem des Menschen.



## 6

## Der Zellkern – Sitz der Erbinformation

S. 106 **6.1 Eine Zelle durchläuft verschiedene Lebensphasen****A1 Zellen entstehen aus Zellen. Erklären Sie.**

Damit neue Zellen entstehen können, benötigen sie die genetischen Informationen für ihre Funktion, die sie durch die Verdopplung der DNA der Mutterzelle erhalten. Diese Information kann nicht jedes Mal neu entstehen, sondern wird bei jeder Zellteilung weitergegeben.

**A2 Zellteilungen können nicht unmittelbar nacheinander stattfinden. Stellen Sie dar, welche prinzipiellen Vorgänge zwischen zwei Zellteilungen ablaufen müssen.**

Nach einer Zellteilung sind die beiden Tochterzellen kleiner, da das Cytoplasma auf beide aufgeteilt wurde. Die Zellen müssen zunächst auf ihre ursprüngliche Größe heranwachsen. Vor einer erneuten Zellteilung muss auch die DNA wieder verdoppelt werden.

S. 107 **6.2 Die Erbinformation ist bei sorgfältiger Verpackung transportfähig****A1 Erläutern Sie die Aussage: Die DNA des Zellkerns wird im Verlauf des Zellzyklus ausgepackt, abgelesen, verdoppelt, erneut abgelesen und wieder eingepackt.**

Der lange und empfindliche DNA-Faden ist in der Zelle zum Schutz und für den Transport um die Histone aufgewickelt. Damit die für die einzelne Zelle wichtigen Informationen abgelesen werden können, müssen diese Bereiche erst ausgepackt werden: Die Verdichtung des DNA-Histon-Komplexes nimmt stark ab (G1-Phase). Bevor sich die Zelle erneut teilen kann, muss die gesamte DNA verdoppelt werden (S-Phase). Es schließt sich eine weitere Phase der Proteinsynthese zur Vorbereitung auf die Teilung an (G2-Phase). Für die eigentliche Zellteilung wird die DNA wieder verpackt.

**A2 Die G0-Phase wird auch Arbeitsphase genannt. Beschreiben Sie den Zustand der Chromosomen in der G0-Phase und erläutern Sie kurz den Begriff „Arbeitsphase“.**

In der G0-Phase liegt die DNA als Ein-Chromatid-Chromosom vor, das weitgehend entspiralisiert ist. Nicht benötigte Chromosomenbereiche sind aber noch teilweise verpackt. Proteincodierende Bereiche werden abgelesen und die für den Stoffwechsel wichtigen Proteine gebildet, sodass die Zelle ihre Arbeit verrichten kann.

S. 110 **6.3 Jede neue Zelle erhält einen Zellkern mit der gesamten Erbinformation****A1 Beschreiben Sie stichpunktartig wesentliche Vorgänge und den Verlauf der Mitose einer Tierzelle.**

Prophase: Chromatin kondensiert im Zellkern zu sichtbaren Chromosomen, die aus zwei identischen Schwesterchromatiden bestehen; Nucleolus und Kernhülle verschwinden, die Mitosespindel entsteht.

Metaphase: Die Chromosomen liegen kondensiert auf der Äquatorialplatte; die Schwesterchromatiden sind mit entgegengesetzten Polen verbunden.

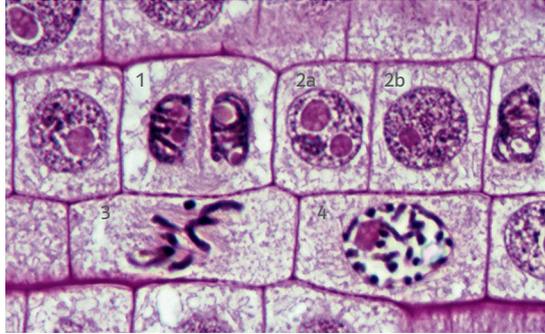
Anaphase: Die Schwesterchromatiden trennen sich am Centromer und wandern mithilfe des Spindelapparats zu den entgegengesetzten Polen.

Telophase: Um diese Tochterchromosomen bildet sich an jedem Zellpol eine neue Kernhülle; zwei identische Tochterzellkerne sind entstanden. Die Mutterzelle ist

länglich geworden.

Cytokinese: Die Mutterzelle schnürt sich am Äquator ein und bildet zwei Tochterzellen.

**A2** Im mikroskopischen Schnittbild durch eine pflanzliche Wurzelspitze [Abb. 1] sind mehrere in unterschiedlichen Teilungsstadien begriffene Zellen zu sehen. Ordnen Sie diese begründet den Phasen der Mitose zu.



1 Telophase:

Zwei Zellkerne mit Tochterchromosomen sind zu erkennen. Die Cytokinese beginnt. Das ist an der sich bildenden neuen Zellmembran zwischen den Kernen zu erkennen.

2a und b Cytokinese:

Die neu gebildeten Zellkerne sind schon durch die Zellmembran getrennt. Die Chromosomen sind nicht mehr sichtbar und liegen wieder als Chromatin vor. Die Zellteilung ist vollzogen.

3 Anaphase:

Die Kernmembran ist aufgelöst. Die Chromosomen und der Spindelapparat sind zu sehen. Die Chromosomen sind nicht mehr in der Äquatorialebene, aber auch noch nicht am Zellpol.

4 Prophase:

Das Chromatin ist zu deutlich sichtbaren Chromosomen verdichtet. Die Membran des Kerns der Mutterzelle ist aber noch nicht aufgelöst.

## S. 112 6.4 Die Zellteilung ist Grundlage für Wachstum und ungeschlechtliche Vermehrung

**A1** Erklären Sie, warum beim Ziehen von Ablegern genetisch identische Nachkommen entstehen.

Ableger entstehen aus Zellen der Mutterpflanze durch mitotische Zellteilungen. Dabei entstehen erbgleiche Zellen, die sich dann wie bei der Mutterpflanze neu differenzieren können.

**A2** Erläutern Sie den Unterschied zwischen ungeschlechtlicher Fortpflanzung und ungeschlechtlicher Vermehrung.

Viele Pflanzen können Ableger bilden, aus denen sich eigenständige Pflanzen entwickeln. Diese sorgen für den Fortbestand, auch wenn die Mutterpflanze z.B. abgefressen wird oder im Winter abstirbt. Oft kommt es bei dieser Fortpflanzung auch zu einer Vermehrung.

Unter günstigen Bedingungen kann es bei verschiedenen Organismen zu einer massenhaften Vermehrung kommen. Die Polypen der Quallen können periodisch Teile abschnüren, die zu neuen Quallen heranwachsen. So kommt in kurzer Zeit zu einer massenhaften Vermehrung von genetisch identischen Individuen.

## S. 115 **6.5** Geschlechtliche Fortpflanzung erfordert Zellen mit einfachem Chromosomensatz

**A1** Betrachten Sie den Chromosomensatz im Verlauf der Meiose. Ordnen Sie den einzelnen Phasen folgende Begriffe zu: „haploider Chromosomensatz mit Zwei-Chromatid-Chromosomen“, „diploider Chromosomensatz mit Zwei-Chromatid-Chromosomen“, „haploider Chromosomensatz mit Ein-Chromatid-Chromosomen“

Zu Beginn der Meiose liegt ein diploider Chromosomensatz mit Zwei-Chromatid-Chromosomen vor. Nach der ersten Reifeteilung liegen zwei Zellen mit einem haploiden Chromosomensatz mit Zwei-Chromatid-Chromosomen vor. Das Ergebnis der zweiten Reifeteilung sind dann vier Keimzellen (bei der Frau eine Keimzelle und drei Polkörperchen) mit jeweils einem haploiden Chromosomensatz mit Ein-Chromatid-Chromosomen.

**A2** Es kann nachteilig sein, immer genetisch gleich zu bleiben, vor allem, wenn sich die Umweltbedingungen ändern. Erläutern Sie diese Aussage.

Wenn sich Umweltbedingungen ändern und diese für alle genetisch gleichen Individuen ungünstig sind, wird die ganze Population zusammenbrechen. Bei genetisch unterschiedlichen Individuen könnten sich einzelne, für die die geänderten Bedingungen günstig sind, dann gut vermehren.

## S. 117 **6.6** Menschen mit abweichender Chromosomenzahl sind beeinträchtigt

**A1** Der Karyotyp von Personen mit dem Triple-X-Syndrom ist 47,XXX. Es sind Frauen ohne phänotypische Auffälligkeiten. Ihre Söhne weisen oft auch eine Chromosomenanomalie auf. Erklären Sie.

Bei 47,XXX-Frauen kann aus der Meiose eine 24,XX-Eizelle hervorgehen. Wird diese durch ein 23,Y-Spermium befruchtet, entsteht eine 47,XXY Zygote, also der Karyotyp des Klinefelter-Syndroms.

**A2** Erläutern Sie, wie der Karyotyp 47,XXY gebildet werden kann.

Der Karyotyp 47,XXY kann durch eine Non-Disjunktion in der Meiose 2 entstehen. Die Personen sind vom Phänotyp männlich und meist unauffällig.

## S. 120 **6.7** Genetische Vielfalt entsteht durch Zufallskombination der Erbinformation

**A1** Beurteilen Sie die Aussage „Ganz der Opa“ auf Grundlage der [Abb. 1].

Jedes Individuum bekommt von seinen Eltern jeweils die Hälfte ihrer Erbinformation vererbt. Auf diese Weise tragen die Nachkommen auch immer äußerlich sichtbare Merkmale beider Eltern. Die Enkelgeneration bekommt entsprechend durch Neukombination auch Erbinformation ihrer Großeltern.

**A2** In [Abb. 1] wird die zufällige Kombination der elterlichen Chromosomen dargestellt. Berechnen Sie anhand der Abbildung, wie viele unterschiedliche Kinder ein Elternpaar theoretisch haben könnte (ohne Crossing-over). Erläutern Sie kurz Ihr Vorgehen.

Beim Menschen sind bei der Meiose  $2^{23}$  Kombinationen möglich. Also sind bei einem Paar  $2^{23}$  mal  $2^{23}$  Kombinationen möglich: das sind  $2^{64}$  oder  $7 \times 10^{13}$ , bei aktuell ca.  $7 \times 10^9$  Menschen auf der Erde.

S. 122 **6.8 Von jeder Erbanlage gibt es im Zellkern maximal zwei Varianten**

**A1** Erstellen Sie ein Kreuzungsschema mit den Allelen *V* (für verbundene Augenbrauen) und *v* (für getrennte Augenbrauen), wenn

- a beide Eltern heterozygot und
- b beide unterschiedlich homozygot sind.
- c Geben Sie alle Geno- und Phänotypen an.

In Abbildung 1 in Konzept 6.9 ist angegeben, dass verbundene Augenbrauen dominant gegenüber nicht verbundenen sind.

a und b

♂/♀	<i>V</i>	<i>v</i>	♂/♀	<i>V</i>	<i>V</i>
<i>V</i>	<i>VV</i>	<i>Vv</i>	<i>v</i>	<i>Vv</i>	<i>Vv</i>
<i>v</i>	<i>Vv</i>	<i>vv</i>	<i>v</i>	<i>Vv</i>	<i>Vv</i>

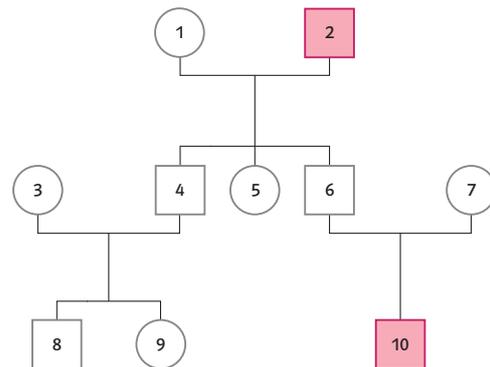
c *VV* und *Vv* zeigen verbundene Augenbrauen und *vv* getrennte.

**A2** Nicht immer wird das Geschlecht über die unterschiedliche Zahl der X- bzw. Y-Chromosomen vererbt. So gibt es bei Heuschrecken kein Y-Chromosom, wohl aber bei Weibchen zwei X-Chromosomen. Männchen haben nur ein einzelnes X-Chromosom. Der Genotyp kann als X0 bezeichnet werden. Beschreiben Sie mithilfe eines Kreuzungsschemas die Vererbung des Geschlechts bei Heuschrecken.

♂/♀	X	0
X	XX	X0
X	XX	X0

S. 125 **6.9 Aus einem Familienstammbaum lässt sich der Erbgang von Merkmalen ermitteln**

**A1** Die *familiäre hypertrophe Kardiomyopathie* ist eine autosomal-dominant vererbte Herzmuskelerkrankung, bei der es zu einer Verdickung der linken Herzkammer kommt. Ursache sind veränderte Muskelproteine des Herzens, das damit weniger leistungsfähig ist.

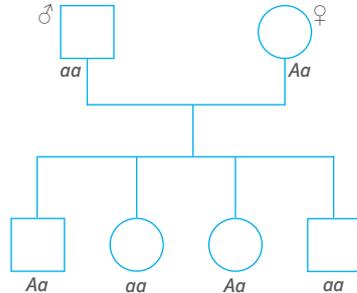


a Nennen Sie Erkennungskriterien eines autosomal-dominanten Erbgangs.

Das Merkmal tritt in fast jeder Generation auf, merkmalsstragende Eltern können Kinder haben, die nicht betroffen sind, Männer und Frauen sind gleich betroffen.

**b Zeichnen Sie einen Stammbaum mit den möglichen Genotypen der Kinder für ein Paar, bei dem die Mutter heterozygot und der Vater gesund ist. Geben Sie zu allen Genotypen auch den Phänotyp an.**

Da die Erkrankung autosomal dominant vererbt wird, muss eine erkrankte Person mindestens ein dominantes Allel tragen ( $AA$  oder  $Aa$ ). Gesunde Menschen tragen den Genotyp  $aa$ .



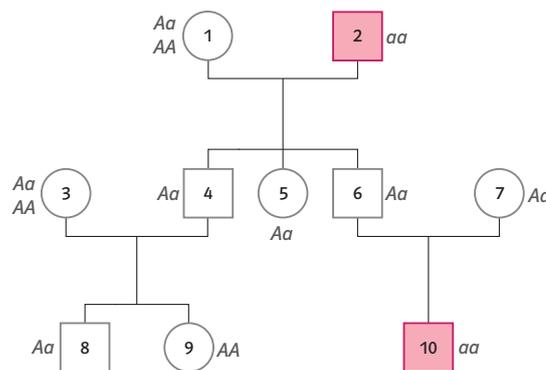
**A2 In der Adelsfamilie der Habsburger gab es viele Personen mit einem sehr ausgeprägten Kinn, sodass der Unterkiefer deutlich vorstand. Man weiß heute, dass die Ursache dieses Phänotyps ein autosomal-rezessives Allel ist.**

**a Nennen Sie Erkennungskriterien eines autosomal-rezessiven Erbgangs.**

Das Merkmal tritt nicht in jeder Generation auf, nicht merkmals tragende Eltern können merkmals tragende Kinder haben und Frauen und Männer sind gleich häufig betroffen.

**b Erklären Sie mit dem hier gezeigten Stammbaum, dass das Merkmal autosomal-rezessiv vererbt wird. Nennen Sie hierzu die möglichen Genotypen aller Personen im Stammbaum.**

Das Merkmal tritt nicht in jeder Generation auf. Das Paar 6/7 zeigt das Merkmal nicht, hat aber ein merkmals tragendes Kind, daher müssen beide Eltern heterozygot sein. Da in diesem Familienstammbaum nur zwei merkmals tragende Personen gezeigt sind, kann keine sichere Aussage getroffen werden, ob es sich um einen autosomalen Erbgang handelt.



**c Erläutern Sie, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass das Paar 6/7 ein weiteres merkmals tragendes Kind bekommt.**

Da beide Elternteile heterozygot sein müssen, liegt die Wahrscheinlichkeit für  $aa$  bei 25%. Die Verteilung für  $AA$ ,  $Aa$  und  $aa$  liegt bei 1:2:1.

**d In Adelsfamilien waren Ehen zwischen Verwandten häufig. Stellen Sie begründete Vermutungen zu weiteren Kindern des Paares 3/4 auf, wenn 3 mit 2 verwandt ist.**

Bei einer Verwandtschaft von Person 3 mit 2 ist das Risiko sehr hoch, dass auch Person 3 heterozygot  $Aa$  ist. Dann entspricht die Situation von Paar 3/4 genau der für Paar 6/7.

**Kombiniere!**

**A1 Stellen Sie Mitose und Meiose tabellarisch bezüglich ihres Ablaufs und Ergebnisses gegenüber.**

Mitose	Meiose
Trennung und Verteilung der Chromatiden	1. Paarung und Verteilung der Homologen 2. Trennung und Verteilung der Chromatiden
ergibt zwei genetisch identische, diploide Tochterzellen	ergibt vier genetisch unterschiedliche, neu kombinierte, haploide Keimzellen

**A2 In allen Organismen gibt es bestimmte Gewebe, in denen sich Zellen durch Mitosen teilen. In Pflanzen sind dies z. B. die Wachstumszonen in den Knospen und Wurzelspitzen. Bei Tieren sind es Gewebe, die ständig neue Zellen produzieren, wie z. B. die Blutzellen oder die Schleimhautzellen.**

**a Erklären Sie die Bedeutung der Mitose.**

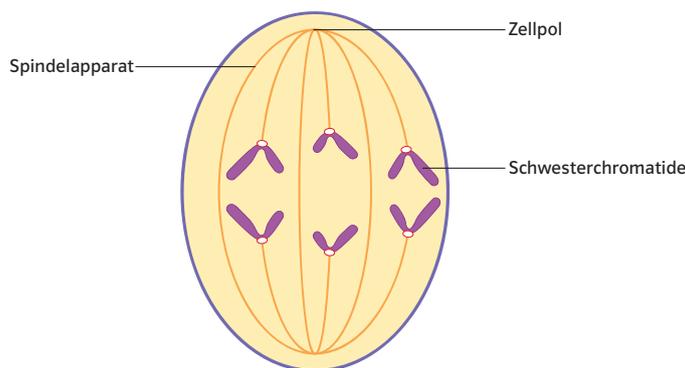
Alle Lebewesen bestehen aus Zellen. Neue Körperzellen entstehen durch mitotische Zellteilung. Es bilden sich zwei genetisch identische Tochterzellen aus einer Mutterzelle. Die Mitose sorgt also für den Erhalt und die Weitergabe der Erbinformation bei der Zellteilung. Die Zellteilungen sind auch die Voraussetzung für das Wachstum von Organismen.

**b Nach der Zellteilung haben beide Folgezellen die identische Erbinformation wie die der Stammzelle, aber die Masse der DNA im Zellkern ist zunächst nur halb so groß wie im Zellzyklus nach der S-Phase. Erläutern Sie das.**

Die genetische Information wird im Zellkern der Mutterzelle einmal kopiert und damit die Masse verdoppelt (Bildung der Schwesterchromatide des Zwei-Chromatid-Chromosoms). Die Information verändert sich dabei nicht. Sie liegt nun aber in zwei gleichen Ausgaben vor. Während der Kernteilung erhält dann jede Tochterzelle die gleiche genetische Information (je eine Ausgabe) durch die Teilung der Zwei-Chromatid-Chromosomen am Centromer in die Schwesterchromatiden. Dadurch halbiert sich die Masse der DNA, aber die Information ändert sich nicht. Jede Zelle erhält eine Ausgabe.

**c Fertigen Sie eine beschriftete Skizze einer Zelle (mit drei Chromosomen) an, in der die Aufteilung der genetischen Information gerade abläuft. Benennen Sie diese Phase.**

Anaphase



**A3 Eidechsen können bei Gefahr ihren Schwanz abwerfen und diesen anschließend regenerieren [Abb. 1]. Schneidet man von Pflanzen Zweige ab und steckt diese in Erde, so können sie oft zu neuen Pflanzen heranwachsen [Abb. 2]. Auf diese Weise lassen sich sehr viele Pflanzenarten vermehren.**

**a Erläutern Sie die notwendigen Voraussetzungen, damit am Ende des Stängels wie in [Abb. 2] Wurzeln gebildet werden können.**

Voraussetzung ist, dass die Zellen an der Schnittfläche die gesamte genetische Information der Pflanze haben, auch wenn in den Zellen an der Schnittfläche nur die Informationen abgelesen werden, die für den Spross notwendig sind. Damit sich an der Schnittfläche Wurzeln bilden können, müssen die dafür notwendigen Gene wieder aktiviert werden.

**b Die Tochterpflanzen des oben beschriebenen Verfahrens haben die gleiche Erbinformation wie ihre jeweilige Mutterpflanze. Erklären Sie dies.**

Alle Zellen der Mutterpflanze haben die gleiche genetische Information. Bei der Wurzelbildung an der Schnittstelle finden nur Mitosen statt, daher haben die Tochterzellen auch die gleiche Erbinformation.

**c Bei der Regeneration des Eidechschwanzes findet zwar keine Vermehrung der Eidechse statt, aber die Vorgänge sind prinzipiell ähnlich wie bei der oben beschriebenen Pflanzenvermehrung. Geben Sie eine Begründung.**

Wenn die Eidechse den Schwanz abwirft, werden an der „Schnittstelle“ die Zellen zu mitotischen Teilungen aktiviert, sodass an dieser Stelle Wachstum stattfindet und der Schwanz neu gebildet wird. Die dazu notwendigen Steuerungs- und Regelungsvorgänge werden aber nicht exakt wiederholt, was an dem etwas anderen Aussehen erkennbar ist.

**A4 a [Abb. 3] zeigt das Karyogramm einer Person mit „Turner-Syndrom“. Analysieren Sie das Karyogramm und benennen Sie die vorliegende Chromosomenanomalie.**

Die Autosomen sind vollständig. Von den Gonosomen fehlt das Y-Chromosom (oder das zweite X-Chromosom)

Gonosomale Deletion

**b Erläutern Sie, warum Menschen mit dem Turner-Syndrom keine Männer sind.**

Für die Ausbildung des männlichen Geschlechts ist das Y-Chromosom verantwortlich. Da dieses hier nicht vorhanden ist, kann es kein Mann sein.

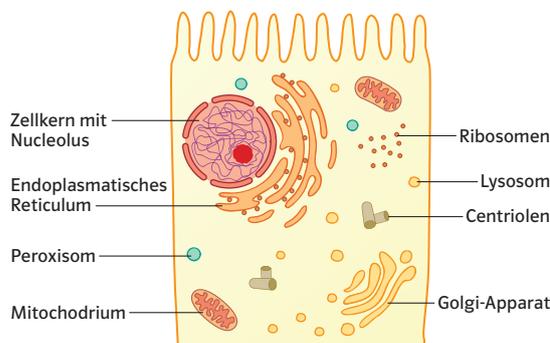
**c Erklären Sie an einem Beispiel, wie es zu dieser Chromosomenverteilung kommen kann.**

Bei der Meiose kann es zu einer Non-Disjunktion bei der Bildung der Spermien kommen. Dabei bekommt ein Spermium X- und Y-Chromosom. Das Spermium ohne Gonosom befruchtet eine normale Eizelle mit einem X-Chromosom. Das Non-Disjunktion kann auch bei der Bildung der Eizelle stattfinden. Eine Eizelle ohne X-Chromosom wird von einem Spermium mit einem X-Chromosom befruchtet. Das X-Chromosom der Person mit dem Turner-Syndrom kann also entweder von der Mutter oder vom Vater stammen.

S. 131

**Abi-Training**

**A1 Zeichnen und beschriften Sie eine Dünndarmzelle auf der elektronenmikroskopischen Ebene. Verwenden Sie dazu die Umrisse der Schemazeichnung in Abb. 1. Geben Sie zu fünf Zellkompartimenten ihre Funktion an.**



mögliche Lösung:

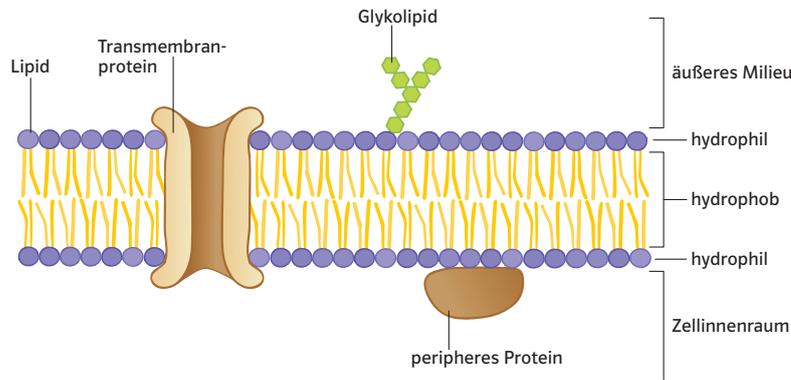
Kompartiment	Funktion
Zellkern	Steuerung des Stoffwechsels, enthält Erbinformation, Herstellung der Ribosomen
Mitochondrium	Kraftwerk der Zelle (Zellatmung)
endoplasmatisches Reticulum	Proteinsynthese
Golgi-Apparat	Veränderung und Verpackung von Proteinen
Lysosom	Verdauung von Stoffen

**A2 Auf der Seite des Darmlumens ist die Zellmembran stark aufgefaltet. Erklären Sie an diesem Befund den Zusammenhang von Struktur und Funktion.**

Die Auffaltung der Zellmembran führt zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Damit ist räumlich mehr Platz für alle dort stattfindenden Prozesse. Im Fall der Darmschleimhaut wird die Quantität der Transportvorgänge (z. B. Glucoseaufnahme) erhöht.

**A3 Zeichnen und beschriften Sie einen Ausschnitt aus der Membran auf der molekularen Ebene mit einem Glucosetransporter.**

Der Glucosetransporter ist ein Transmembranprotein.



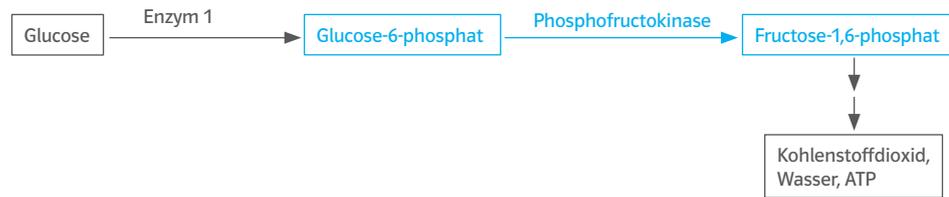
**A4 Erläutern Sie die Transportvorgänge von Glucose in die Zelle und aus der Zelle ins Blut.**

Die Glucosemoleküle gelangen über die Zellen der Dünndarmschleimhaut ins Blut. Zuerst wandern die Glucosemoleküle im Symport mit Natrium-Ionen durch ein Transportmolekül (1) ins Zellplasma der Darmwandzelle. Die Na-Ionen bewegen sich passiv entsprechend ihres Konzentrationsgefälles, da sie im Darm wesentlich höher konzentriert sind als in der Schleimhautzelle. Zum Konzentrationsausgleich der Na-Ionen und damit zum Erliegen des Natrium-Glucose-Symports kommt es nicht, da eine Natrium-Kalium-Pumpe (3) ständig Natrium-Ionen aus den Darmwandzellen ins Blut entfernt (Antiport mit Kalium-Ionen). Diese Pumpe arbeitet gegen das Konzentrationsgefälle der Natrium-Ionen zwischen Darmwandzelle und Blut und ist ein aktiver Transportprozess unter Energieverbrauch (ATP-Spaltung). Das Zusammenspiel zwischen Glucose-Natrium-Symport und Natrium-Kalium-Pumpe ist ein sekundär aktiver Transportprozess. Die in der Darmwandzelle nun angereicherte Glucose gelangt entsprechend ihres Konzentrationsgefälles durch erleichterte Diffusion über ein weiteres Transportprotein (2) ins Blut. Die Glucoseaufnahme erfolgt durch drei Transportprozesse unter Energieverbrauch.

**A5 Beschreiben Sie den Verlauf einer enzymatischen Reaktion.**

Ein Enzym reagiert mit einem anderen Stoff, dem Substrat, zum Enzym-Substrat-Komplex. Dieser zerfällt. Dabei werden das oder die Produkte gebildet. Das Enzym wird wieder frei und kann an ein neues Substratmolekül binden. Für die Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes ist weniger Aktivierungsenergie gegenüber der Reaktion ohne Enzym nötig. Damit steigt die Reaktionsgeschwindigkeit.

**A6** Erstellen Sie ein Flussdiagramm für die ersten Reaktionsschritte der Zellatmung. Markieren Sie die Reaktion, die durch ATP allosterisch gehemmt wird. Begründen Sie, dass es sich um eine negative Rückkopplung handelt.



Das Reaktionsprodukt ATP wirkt als Hemmstoff auf ein Enzym, das an den Reaktionen zu seiner eigenen Herstellung beteiligt ist. Es wirkt also negativ zurück auf den eigenen Syntheseweg.