

Inhaltsbereich EP 1 – Biologie der Zelle					
1.1 Biomembranen grenzen Zellkompartimente ab und ermöglichen Stofftransport.					
Anzahl DS	Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz	Methodische Aspekte (inkl. geförderte/genutzte Medienkompetenzen) / Materialien
Die Lernenden...					
	<ul style="list-style-type: none"> stellen die Struktur einer Pflanze auf Organ-, Gewebe- und Zellebene dar. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen pflanzliche Gewebepreparate her, untersuchen sie lichtmikroskopisch und zeichnen einen geeigneten Zellverband. 	<ul style="list-style-type: none"> nutzen Skizzen zur Darstellung der Struktur der pflanzlichen Zelle mit Zellwand, Zellmembran, Vakuole, Zellkern, Chloroplasten, Zellplasma auch im Vergleich zur Tierzelle und unter Berücksichtigung von Größenrelationen. 		<p>Einstieg: Kennzeichen des Lebendigen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apfelstunde aus Klasse 10) <p>Basiskonzepte (!nur noch 5, siehe Anhang !)</p> <ul style="list-style-type: none"> - z.B. Nautilus (Cornelsen) abändern!!! <p>Systemebenen</p> <p>I Organe der Pflanze</p> <p>Pflanzliche Gewebepreparate erstellen (z.B. Blattquerschnitt, Wasserpest), Bau und Handhabung Mikroskop-Lichtmikroskopische Zeichnung</p> <p>AB-Anleitung: Lichtmikroskopische Zeichnung</p> <p>AB-Checkliste</p> <p>Zelle von Tier und Pflanze im Vergleich (z.B. Wasserpest-Mundschleimhaut/Leberzellen)</p> <p>AB-Vergleich</p> <p>II Aufbau der Biomembran & Transportvorgänge</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biologenfrühstück - Plasmolyse / Deplasmolyse rote Küchenzwiebel - Lecithin Mikroskopie (AB 1-... bs) - Wassermolekül als Dipol (Chemie 10. Klasse Dipolmoleküle, hydrophil, hydrophob, lipophil, lipophob) <p><i>Nutzung mobiler Endgeräte zum Aufsuchen von geeigneten Animationen, Filmen oder Abbildungen zu biologischen Sachverhalten in Internetquellen. (Osmose, Plasmolyse, Deplasmolyse)</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Struktur und die daraus resultierenden unpolaren und polaren Eigenschaften von Lipiden und Phospholipiden und erläutern die Struktur der Biomembran mit dem Fluid-Mosaik-Modell. 	<ul style="list-style-type: none"> planen ein hypothesengeleitetes Experiment zum indirekten Nachweis von Lipiden und Proteinen als Bestandteile der Biomembran, führen dieses unter Berücksichtigung des Variablengefüges durch, protokollieren die Ergebnisse und werten sie aus. 	<ul style="list-style-type: none"> erklären Kompartimentierung durch Biomembranen funktional. 		
	<ul style="list-style-type: none"> erläutern Diffusion und Osmose. 	<ul style="list-style-type: none"> untersuchen Plasmolyse und Deplasmolyse mikroskopisch. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen Befunde zur Plasmolyse und Deplasmolyse unter Beachtung von Stoff- und Teilchenebene dar. 		
	<ul style="list-style-type: none"> erläutern passiven und aktiven Transport durch Biomembranen. 		<ul style="list-style-type: none"> erklären Energieübertragung durch ATP funktional. 		
Glossar zur Fachsprache:					

Inhaltsbereich EP 1 – Biologie der Zelle					
1.2 Enzyme steuern Lebensvorgänge in Zellen.					
Anz. DS	Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz	Methodische Aspekte (inkl. geförderte/genutzte Medienkompetenzen) / Materialien
Die Lernenden...					
	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die räumliche Struktur von Proteinen am Beispiel eines Enzyms. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen Substrat-, Wirkungsspezifität und kompetitive Hemmung bei Enzymen auf Basis des Schlüssel-Schloss-Prinzips modellhaft dar. 	<ul style="list-style-type: none"> stellen die Funktion von Enzymen als Biokatalysatoren mithilfe von Energiediagrammen dar. 		<p>I Struktur von Proteinen Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen von Proteinen Intramolekulare Wechselwirkungen (WBB, Dipol-Dipol, Ionenbindungen, Disulfidbrücken, VDW)</p> <p>II Funktionsweise von Enzymen Schlüssel-Schloss-Prinzip auf rein modellhafter Ebene Modelle erstellen lassen, Modelkritik Energetischer Verlauf von enzymkatalysierten Reaktionen Substrat- und Wirkungsspezifität Vorwissen Chemie: Energiediagramme (exergone Reaktion mit chemischem Katalysator) Geschwindigkeit enzymkatalysierter Reaktionen (Enzymsättigung) Abhängigkeit der Enzymstruktur von verschiedenen Außenfaktoren, Auswirkung auf die Reaktionsgeschwindigkeit (u.a. RGT-Regel) Schülerübungen mit Katalase oder andere BioS-Programm: Ein Enzym bekennt Farbe, einfach gemacht kompetitive Hemmung und Regelung durch allosterische Effekte (Beispiel Phosphofruktokinase erst nach der Zellatmung) reversible Hemmung: allosterisch, kompetitiv irreversible Hemmung Methodenseite Bioskop S.98ff. Lernzirkel-Enzymatik Modellversuch Michaelis Menten</p>
	<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Abhängigkeit der Enzymaktivität von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration. 	<ul style="list-style-type: none"> entwickeln Fragestellungen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität, planen ein hypothesengeleitetes Experiment unter Berücksichtigung des Variablengefüges, führen dieses durch, nehmen Daten auf, werten sie auch unter Berücksichtigung von Fehlerquellen aus, widerlegen oder stützen Hypothesen und reflektieren die Grenzen der Aussagekraft der eigenen experimentellen Daten. 	<ul style="list-style-type: none"> präsentieren ihre Lern- und Arbeitsergebnisse sachgerecht. 		
Glossar zur Fachsprache:					

Inhaltsbereich EP 2 – Zelluläre und molekulare Vorgänge der Immunabwehr					
2.1 Bei Immunreaktionen kommunizieren Zellen über Moleküle.					
Anz. DS	Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz	Methodische Aspekte (inkl. geförderte/genutzte Medienkompetenzen) / Materialien
Die Lernenden...					
	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Phagozytose von Viren und Antigenpräsentation auf MHC-II-Komplexen von Makrophagen sowie die nachfolgende Produktion spezifischer Antikörper in Plasmazellen nach B-Zellaktivierung durch T-Helferzellen als Immunantwort auf eine virale Infektion. • erläutern Antigenpräsentation auf MHC-I-Komplexen einer Wirtszelle und nachfolgende Apoptose durch Enzyme aus zytotoxischen T-Zellen als Immunantwort auf eine virale Infektion. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen den Vorgang des Membranflusses modellhaft dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen die zellulären und molekularen Vorgänge der Immunabwehr bei einer Virusinfektion unter Berücksichtigung des Schlüssel-Schloss-Prinzips grafisch dar. 		I Humorale und zelluläre Immunreaktion Modellierung des Membranflusses <ol style="list-style-type: none"> 1. Stop-Motion-Video 2. Modellversuch <i>Modellierung und Dokumentation abstrakter oder komplexer biologischer Sachverhalte durch spezifische mediale Repräsentationen.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Zelldifferenzierung am Beispiel von B- und T-Lymphozyten. 				
Glossar zur Fachsprache:					

Inhaltsbereich EP 2 – Zelluläre und molekulare Vorgänge der Immunabwehr					
2.2 Der Kontakt mit spezifischen Antigenen führt zu Immunität.					
Anz. DS	Sachkompetenz	Erkenntnisgewinnungskompetenz	Kommunikationskompetenz	Bewertungskompetenz	Methodische Aspekte (inkl. geförderte/genutzte Medienkompetenzen) / Materialien
Die Lernenden...					
	<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Informationsspeicherung bei der Bildung von B-Gedächtniszellen nach erfolgter Immunreaktion sowie deren Funktion bei erneuten Infektionen. 	<ul style="list-style-type: none"> leiten das Phänomen der erworbenen Immunität aus Daten zur Antikörperkonzentration bei primärer und sekundärer Immunantwort im Blut ab. 	<ul style="list-style-type: none"> beurteilen impfkritische Aussagen und argumentieren dabei wissenschaftlich. 	bewerten eine Impfpflicht als präventive Maßnahme unter Berücksichtigung deskriptiver und normativer Aussagen, bilden sich kriteriengeleitet Meinungen, treffen Entscheidungen und reflektieren Entscheidungsprozesse.	I Aktive und passive Immunisierung Unterrichtseinheit zur Bewertungskompetenz in Jahrgang 11: „Kontroverse um die Einführung einer Impfpflicht am Beispiel von HPV“ <i>Daten und Informationsquellen zu biologischen Sachverhalten kritisch interpretieren und analysieren. (beurteilen impfkritische Aussagen und argumentieren dabei wissenschaftlich)</i>
Glossar zur Fachsprache:					

Am Anfang der Einführungsphase wird mit den neuen SchülerInnen von anderen Schulen und Schulformen ein Beratungsgespräch bzgl. des notwendigen Vorwissens geführt. Es werden Hinweise zur Nacharbeit möglicher Lücken gegeben.

Fächerübergreif: Wassermolekül als Dipol (Chemie 10. Klasse Dipolmoleküle, hydrophil, hydrophob, lipophil, lipophob)
 Energiediagramme (exergone Reaktion mit chemischem Katalysator)

Basiskonzepte und biologische Prinzipien: Struktur und Funktion (Schlüssel-Schloss-Prinzip)

Fachspezifische Kompetenzen in der digitalen Welt

Berufsorientierung:

Verpflichtend für alle 11. Klassen findet eine Exkursion ins **BioS** (Biotechnologisches Schülerlabor Braunschweig) statt.

Programm: „Ein Enzym bekennt Farbe, einfach gemacht“

Beachtet werden sollte bei der Terminierung, dass die Exkursion möglichst vor den Kurswahlen stattfindet.

"Das Biotechnologische Schülerlabor Braunschweig - Ein außerschulischer Lernort

Das Biotechnologische Schülerlabor Braunschweig steht seit Frühjahr 2002 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 10 – 13 (12) offen.

Es bietet die Möglichkeit, durch eigenes Experimentieren grundlegende biotechnologische Methoden kennen zu lernen.

Damit versteht sich BioS als Brücke zwischen Schule und Forschung."

(von der Internetseite <http://www.bios-braunschweig.de/>)

Eine Evaluation des Schulcurriculums findet jeweils in der ersten Dienstbesprechung bzw. Fachkonferenz des Schuljahres statt

Tab. 1: Basiskonzepte der Biologie

Struktur und Funktion	Das Basiskonzept Struktur und Funktion beschreibt den Sachverhalt, dass es zwischen einer Struktur und deren Funktion oft einen Zusammenhang gibt. Der Zusammenhang von Struktur und Funktion ist auf verschiedenen Systemebenen, von den Molekülen bis zur Biosphäre, relevant und gilt für Lebewesen und Lebensvorgänge. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Kompartimentierung, Schlüssel-Schloss-Prinzip, Oberflächenvergrößerung, Gegenspielerprinzip, Gegenstromprinzip.
Stoff- und Energieumwandlung	Das Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung beschreibt den Sachverhalt, dass biologische Systeme offene, sich selbst organisierende Systeme sind, die im ständigen Austausch mit der Umwelt stehen. Alle Lebensprozesse benötigen Energie und laufen unter Energieumwandlungen ab. Lebewesen nehmen Stoffe auf, wandeln sie um und scheiden Stoffe wieder aus. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Fließgleichgewicht, Stoffkreislauf, Energieentwertung, energetische Kopplung.
Information und Kommunikation	Das Basiskonzept Information und Kommunikation beschreibt den Sachverhalt, dass Lebewesen Informationen aufnehmen, weiterleiten, verarbeiten, speichern und auf sie reagieren. Kommunikation findet auf verschiedenen Systemebenen statt: In einem vielzelligen Organismus sind alle Organe, Gewebe, Zellen und deren Bestandteile beständig an der Kommunikation beteiligt. Auch zwischen Organismen findet Kommunikation auf vielfältige Weise statt. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Signaltransduktion, Codierung und Decodierung von Information.
Steuerung und Regelung	Das Basiskonzept Steuerung und Regelung beschreibt den Sachverhalt, dass biologische Systeme viele Zustandsgrößen in Grenzen halten, auch wenn innere oder äußere Faktoren sich kurzfristig stark ändern. Dabei werden innere Zustände aufrechterhalten oder funktionsbezogen verändert. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. positive und negative Rückkopplung, Prinzip der Homöostase.
Individuelle und evolutive Entwicklung	Das Basiskonzept individuelle und evolutive Entwicklung beschreibt den Sachverhalt, dass sich lebende Systeme über verschiedene Zeiträume im Zusammenhang mit Umwelteinflüssen verändern. Die individuelle Entwicklung von Lebewesen und die Weitergabe ihrer genetischen Information durch Fortpflanzung sind die Grundlage für evolutive Entwicklung. Sexuelle Fortpflanzung führt zur Rekombination von genetischem Material und erhöht die genetische Variation. Zusammen mit Selektion ist genetische Variation eine wichtige Ursache für Artwandel. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Zelldifferenzierung, Reproduktion, Selektion.

Tab. 2: Möglichkeiten zur fachspezifischen Umsetzung der KMK-Strategie zur Bildung in der digitalen Welt beim Erwerb von Fachkompetenz

Fachspezifische Kompetenzen in der digitalen Welt	Exemplarisch ausgewählte Teilkompetenzen des Kerncurriculums
Die Lernenden...	
Nutzung mobiler Endgeräte zum Aufsuchen von geeigneten Animationen, Filmen oder Abbildungen zu biologischen Sachverhalten in Internetquellen.	<ul style="list-style-type: none"> recherchieren zu einem Verfahren der personalisierten Krebsmedizin und wählen passende Quellen aus. erläutern RNA-Interferenz als Mechanismus zur Hemmung der Genexpression.
Daten und Informationsquellen zu biologischen Sachverhalten kritisch interpretieren und analysieren.	<ul style="list-style-type: none"> grenzen die synthetische Evolutionstheorie von nichtwissenschaftlichen Vorstellungen ab. beurteilen impfkritische Aussagen und argumentieren dabei wissenschaftlich.
Gestaltung gemeinsamer Lern- und Arbeitsergebnisse durch Nutzung von interaktiven, kollaborativen und cloudbasierten Arbeitsumgebungen.	<ul style="list-style-type: none"> präsentieren die erhobenen Daten zur Toleranz von Organismen gegenüber einem abiotischen Faktor mithilfe einer geeigneten Darstellungsform. interpretieren die Ergebnisse freilandbiologischer Untersuchungen und leiten Aussagen zur Biodiversität ab.
Digital gestützte Messwerterfassung beim fachgemäßen Arbeiten: Nutzung von digitalen Endgeräten, verschiedenen Sensoren und spezifischen Applikationen bei der Ermittlung und Auswertung von Daten.	<ul style="list-style-type: none"> planen ein Experiment zur Toleranz von Organismen gegenüber einem ausgewählten abiotischen Faktor und führen es unter Berücksichtigung des Variablengefüges durch, nehmen quantitative Daten auf und werten sie aus. beobachten und dokumentieren geschlechtsspezifische Verhaltensweisen von Primaten und leiten deren adaptiven Wert ab.
Modellierung und Dokumentation abstrakter oder komplexer biologischer Sachverhalte durch spezifische mediale Repräsentationen.	<ul style="list-style-type: none"> simulieren kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung am Axon und diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des Modells. simulieren evolutive Prozesse und diskutieren Möglichkeiten und Grenzen des Modells.

ANLEITUNG: Anfertigung einer lichtmikroskopischen Zeichnung

- I.) Verwende stets weiße A4-Zeichenblätter.
- II.) Verwende nur Bleistifte (sowohl für die Zeichnung als auch für Überschriften, Untertitel, Beschriftungen).
Zeichne nie mit Füller, Farbstiften o.ä.
- III.) Die Zeichnung sollte etwa in der Mitte des Blattes liegen und mindestens die Hälfte der Fläche einnehmen.
- IV.) Zeichne nur Bestandteile, die du wirklich siehst und die du beschriften kannst.
- V.) Zeichne klare Linien, keine Strichellinien, keine offenen Kringel o.ä. Es wird nie etwas ausgemalt!
Verwende ggf. Bleistifte mit verschiedenen Härtegraden um die Strichdicke zu variieren.
- VI.) Beschrifte das Präparat mit Bleistift und in Druckbuchstaben. Die Beschriftungslinien gehen alle nach rechts und liegen parallel untereinander.
- VII.) Versuche möglichst wenig zu radieren.
- VIII.) Angaben zur Zeichnung → siehe Muster

<p>Mikroskopische Zeichnung Objekt (z.B. Blattzellen der Wasserpest)</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 20px 0;">ZEICHNUNG</p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">Deutscher Artname des Objekts (lateinischer Name) Art der Präparation ggf. Färbung Vergrößerung Name des Zeichners, Datum</p>
--

CHECKLISTE: Anfertigung einer lichtmikroskopischen Zeichnung

Angaben zur Zeichnung	gelingen	optimierbar	Tipp (du könntest/solltest...)
Blanko Papier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Name, Datum, Name des Objekts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Angabe der Vergrößerung, ggf. Färbung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Angabe der Art der Darstellung z.B. drei Zellen aus einem Zellverband	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Zeichnung	gelingen	optimierbar	Tipp
Blatteinteilung (Zeichnung zentral, recht Platz für die Beschriftung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Größe der Zeichnung (mind. 2/3 bis 3/4 der Fläche)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sauberkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bleistiftzeichnung keine Tinte, keine Farben u. ä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dünne Bleistiftlinien (spitzer Bleistift)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Klare Linien keine Strichellinien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nicht schraffiert oder ausgemalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Nur zeichnen, was man auch sieht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Größenverhältnisse stimmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Beschriftung	gelingen	optimierbar	Tipp
Beschriftung rechts am Rand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Vergleich: Tierische und pflanzliche Zelle

Das Anfertigen von mikroskopischen Präparaten, das Mikroskopieren und das Zeichnen mikroskopischer Zeichnungen wollen gelernt sein. Hier kannst du es an einfacheren Präparaten nochmal trainieren und gleichzeitig die Frage klären, ob sich pflanzliche und tierische Zellen voneinander unterscheiden.

Aufgabe:

- 1) Suche dir einen Partner. Partner A erstellt ein Präparat der Wasserpest und Partner B eins der der Mundschleimhaut. Nimm das **Methodenblatt „Herstellung eines Präparats von Zwiebelhäutchen“** zur Hilfe.
TIPP1: das Blatt der Wasserpest kannst du so auf den Objektträger legen.
TIPP2: Fahre mit einem Spatel oder Wattestäbchen mehrmals über die Schleimhaut der Wangeninnenseite und übertrage das Abgeschabte auf den Objektträger.
- 2) Mikroskopiere das Präparat. Nimm das Methodenblatt **„Regeln und Anleitung für die Arbeit mit dem Mikroskop“**.
TIPP: Falls ihr die Zellen nicht gut sehen könnt, helfe ich euch gern beim Einfärben mit Methylenblau.
- 3) Fertigt eine Zeichnung des jeweiligen Präparats an. Nimm die Anleitung „Mikroskopische Zeichnungen anfertigen“ zur Hilfe.
- 4) Beschriftet eure Zeichnung so weit wie möglich.
- 5) Vergleicht nun Pflanzen- und Tierzelle kriteriengeleitet (ein Kriterium ist z. B. die Form), die Bestandteile der Zelle etc. miteinander.

Gemeinsamkeiten von Pflanzen- und Tierzellen	
<ul style="list-style-type: none"> • ... • 	
Unterschieden von Pflanzen- und Tierzellen	
<ul style="list-style-type: none"> • ... • 	<ul style="list-style-type: none"> • ... •

- Einstiegsexperiment: Urease katalysiert die chemische Spaltung von Harnstoff - Experiment**
- Station 1: Der Mechanismus der Enzymwirkung – Modelle erstellen**
- Station 2a: Beeinflusst die Substratkonzentration die Geschwindigkeit der Reaktion? - Experiment**
- Station 2b: Substratkonzentrationsabhängigkeit von Enzymen - Modellversuch (Abi Box. S. 32ff)**
- Station 3: Ist die Urease-Aktivität temperaturabhängig?**
Variante A: Experiment durchführen und auswerten
Variante B: Experiment planen, durchführen und auswerten
- Station 4: Die pH-Abhängigkeit der Enzyme – der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg (AbiBox S. 20ff)**

Demonstrationsexperiment:

Urease katalysiert die chemische Spaltung von Harnstoff

Zahlreiche Arten von Bakterien können organischen Harnstoff ($H_2N-CO-NH_2/CH_4N_2O$ bei Anwesenheit von Wasser (H_2O) zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Ammoniak (NH_3) umsetzen und diesen als Stickstoffquelle nutzen. Urease ist das Enzym, welches im Zellbetrieb die Spaltung von Harnstoff durch Wasser in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak katalysiert. Ammoniak reagiert in wässriger Lösung zu Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen. Die Hydroxid-Ionen lassen den pH-Wert der Lösung ansteigen.

Chemikalien:

- Demineralisiertes Wasser
- 0,1%-ige Urease-Lösung (bzw. Überstand aus Soja-Lösung)
- 1%-ige Harnstoff-Lösung
- Phenolphthalein-Lösung (<1%-ig)¹

Geräte:

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Wasserkocher, 3 Messpipetten (5 mL), 2 Stopfen

Durchführung:

1. Befüllen Sie die drei Reagenzgläser nach dem folgenden Schema:

Reagenzglas-Nr.	1	2	3
Wasser	-	5ml	1ml
Ureaselösung	1ml	1ml	-
Phenolphthalein	4 Tropfen	4 Tropfen	4 Tropfen
➔ Verschließen Sie die Reagenzgläser und schütteln Sie das Gemisch.			
Harnstofflösung	5ml	-	5 ml

Aufgabe:

- 1) Beschreiben sie die Beobachtungen.
- 2) Lesen Sie zur Vorbereitung der Deutung die Seite 26 im Lehrbuch.
- 3) Deuten sie das Versuchsergebnis. Nutzen Sie hierbei die folgenden Begriffe: Enzym, *Biokatalysator*, *Aktivierungsenergie*, *Substrat*.
- 4) Ermitteln Sie mit Hilfe der Abbildung 6 auf Seite 27, um welche Enzymklasse es sich bei der Urease handelt.
- 5) Bearbeiten Sie Aufgabe 2 b auf Seite 27 im Lehrbuch bitte unter Bezugnahme auf das durchgeführte Experiment.
- 6) Vernetzung: Können Sie vielleicht auch Enzyme der Zellatmung einer der Enzymklassen zuordnen?

(aus: Niedersächsisches Kultusministerium (Juli 2020). Schüler- und Demonstrationsexperimente im Fach Biologie für die Abiturprüfung mit landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen- Aufgaben auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA) mit einem experimentellen Aufgabenanteil in der schriftlichen Abiturprüfung; https://nibis.de/uploads/mk-bolhoefer/2022/20200625_2022_Hinweise-Experiment_BI.pdf)

¹ Bei Phenolphthalein handelt es sich um einen pH-Indikator, der in sauren Lösungen farblos ist. Mit steigendem pH-Wert schlägt der Säure-Base-Indikator im alkalischen Bereich von farblos zu pink um.

Station 1: Der Mechanismus der Enzymwirkung – Modelle erstellen

Aufgabe:

- 1) Lesen Sie die Seite 28 im Lehrbuch.
- 2) Stellen Sie mit den bereitgestellten Materialien ein Modell her, mit dem Sie die Wirkungsweise eines Enzyms veranschaulichen können. Sie sollten daran die folgenden Begriffe erläutern können:
 - *Substratspezifität,*
 - *Wirkungsspezifität,*
 - *aktives Zentrum,*
 - *Enzym-Substrat-Komplex,*
 - *Schlüssel-Schloss-Prinzip,*
 - *Induced-fit-Mechanismus,*
 - *unverändertes Hervorgehen des Enzyms aus der Reaktion.*
- 3) Lassen Sie sich von einer anderen Gruppe das Modell vorstellen (sollte noch keine andere Gruppe fertig sein, verlagern Sie diese Teilaufgabe auf einen späteren Zeitpunkt). Diskutieren Sie gemeinsam mit der anderen Gruppe Grenzen der entwickelten Modelle. Wie gut wurden die folgenden Aspekte im Modell umgesetzt:
 - *Substratspezifität,*
 - *Wirkungsspezifität,*
 - *aktives Zentrum,*
 - *Enzym-Substrat-Komplex,*
 - *Schlüssel-Schloss-Prinzip,*
 - *Induced-fit-Mechanismus,*
 - *unverändertes Hervorgehen des Enzyms aus der Reaktion?*
- 4) Überlegen Sie, inwiefern Ihr entwickeltes Modell geeignet ist, die Vorgänge in den Lösungen bei der Aufgabe „PRAXIS“ auf Seite 29 im Lehrbuch zu veranschaulichen.

Station 2a: Beeinflusst die Substratkonzentration die Geschwindigkeit der Reaktion? - Experiment

Im folgenden Versuch soll die Wirkung der Urease auf die Geschwindigkeit der chemischen Spaltung von Harnstoff in Abhängigkeit von der Substratkonzentration untersucht werden. Rückschlüsse auf die Reaktionsgeschwindigkeit können durch die Verwendung eines Säure-Base-Indikators (hier: Bromthymolblau²) gezogen werden. Urease ist das Enzym, welches im Zellbetrieb die Spaltung von Harnstoff durch Wasser in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak katalysiert. Ammoniak reagiert in wässriger Lösung zu Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen. Die Hydroxid-Ionen lassen den pH-Wert der Lösung ansteigen. Die Zeit bis zum Farbumschlag kann als indirekter Hinweis auf die Reaktionszeit genutzt werden.

Chemikalien:

Demineralisiertes Wasser

Urease-Lösung

1%-ige, 0,1%-ige, 0,05%-ige und 0,02%-ige Harnstoff-Lösung

Bromthymolblau³

Geräte:

5 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 5 Messpipetten, 5 Stopfen, Stoppuhr/Handy

Durchführung:

1. Befüllen Sie die fünf Reagenzgläser nach dem folgenden Schema:

Reagenz-glas-Nr.	1	2	3	4	5
	2mL demineralisiertes Wasser	2mL 0,02%-ige Harnstofflösung	2 ml 0,05%-ige Harnstofflösung	2mL 0,1%-ige Harnstofflösung	2mL 1%-ige Harnstofflösung
Bromthymolblau	5 Tropfen	5 Tropfen	5 Tropfen	5 Tropfen	5 Tropfen
→ Verschließen Sie die Reagenzgläser mit einem Stopfen und schütteln Sie sie. → Geben Sie nun <u>möglichst zeitgleich</u> die Urease hinzu:					
Urease-lösung	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml
→ Starten Sie die Stoppuhren sobald die Urease hinzugefügt wurde. → Verschließen Sie die Reagenzgläser erneut und schütteln Sie das Gemisch kurz. → Nehmen Sie für jedes Reagenzglas die Zeiten bis zum Einsetzen der Blaufärbung des Indikators.					

Aufgabe:

- 1) Beschreiben sie die Beobachtungen.
- 2) Lesen Sie zur Vorbereitung der Deutung die Seite 32 im Lehrbuch.
- 3) Deuten sie das Versuchsergebnis.
- 4) Bearbeiten Sie Aufgabe 1 b-d auf Seite 33 in einem zusammenfassenden Text.
- 5) Vernetzung: An welchen Stellen der Zellatmung kann eine Erhöhung der Substratkonzentration zu einer Beschleunigung der Zellatmung beitragen? Nennen Sie Substrate.

(aus: Niedersächsisches Kultusministerium (Juli 2020). Schüler- und Demonstrationsexperimente im Fach Biologie für die Abiturprüfung mit landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen- Aufgaben auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA) mit einem experimentellen Aufgabenanteil in der schriftlichen Abiturprüfung; https://nibis.de/uploads/mk-bolhoefer/2022/20200625_2022_Hinweise-Experiment_BI.pdf)

² Bromthymolblau zeigt in saurer Lösung eine gelbe Färbung. Mit steigendem pH-Wert schlägt der Säure-Base-Indikator im alkalischen Bereich von gelb (pH<7) über grün (pH=7) zu blau (pH>7) um.

³ (s.o.)

Wahlstation 2b: Substratkonzentrationsabhängigkeit von Enzymen - Modellversuch

Modellversuch: Enzyme und ihre Abhängigkeit von der Substratkonzentration

Materialien

- Schokolinsen
- Stoppuhr (Handy)
- Schal

Vorbereitung:

- Pro Tischreihe gibt es eine Versuchsperson, eine/n Experimentator/in, eine/n Zeitstopper/in und eine/n Protokollanten/in.
- Der Versuchsperson werden zu Beginn die Augen verbunden.
- Der Tisch wird abgeräumt.

Durchführung:

- Der Experimentator platziert eine Schokolinse an einer beliebigen Stelle auf den Tisch. Die Versuchsperson hat nach einem Startsignal eine Minute Zeit (Zeitstopper!), die Schokolinse zu finden und zu essen.
- Die Versuchsperson darf dabei jeweils nur **EINE** Schokolinse nehmen. Erst wenn die Schokolinse gekaut und heruntergeschluckt wurde, darf sie die nächste Schokolinse suchen und essen.
- Die Anzahl der noch ausliegenden und verzehrten Schokolinsen wird dabei in der unten stehenden Tabelle notiert (Protokoll!).
- Die Anzahl der Schokolinsen wird pro Durchgang verdoppelt. Dabei werden die Schokolinsen stets regelmäßig auf dem Tisch verteilt.

Beobachtungen:

Durchgang	Anzahl der eingesetzten Schokolinsen (x-Achse)	Anzahl der noch ausliegenden Schokolinsen	Anzahl der verzehrten Schokolinsen (y-Achse)
1	1		
2	2		
3	4		
4	8		
5	16		

Aufgaben:

1. Führen Sie den Versuch in der Gruppe durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen.
2. Stellen Sie die Daten grafisch auf einem Extrablatt dar (Achsenbeschriftung: siehe Tabelle). Ermitteln Sie dabei die maximale Schokolinsenzahl, die verzehrt werden kann.
3. Vergleichen Sie den Modellversuch mit einer Enzymreaktion. Geben Sie dabei an, wofür die Versuchsperson und die Schokolinsen in dem Modellversuch stehen.

Modellversuch

Versuchsperson
 Eingesetzte Schokolinsen
 Verzehrte Schokolinsen
 Anzahl verzehrter Schokolinsen pro Minute
 Anzahl maximal verzehrter Schokolinsen pro Minute
 Zeitvorgabe: max. 40 min

Enzymreaktion

Quelle: Engel, Maren, Riemeier, Tanja, Trauschke, Mathias et al. (2019): Enzyme und Energiegewinnung. Schülerbuch. 1. Halbjahr der Qualifikationsphase. Erhöhtes Niveau, Brinkmann. Meyhöfer: Hannover (abgeändert)

Variante A: Station 3: Ist die Urease-Aktivität temperaturabhängig? – Experiment durchführen und auswerten

Am Beispiel der durch Urease katalysierten Spaltung von Harnstoff kann der Einfluss der Temperatur auf enzymatisch katalysierte Reaktionen exemplarisch untersucht werden. Urease ist das Enzym, welches im Zellbetrieb die

Spaltung von Harnstoff durch Wasser in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak katalysiert. Ammoniak reagiert in wässriger Lösung zu Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen. Die Hydroxid-Ionen lassen den pH-Wert der Lösung ansteigen.

Chemikalien:

Urease-Lösung aus Soja
Harnstoff (1%-ig)
Phenolphthalein-Lösung⁴
Demineralisiertes Wasser
Eis

Geräte:

6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Stoppuhr/Handy, Messpipetten, Wasserkocher, 3 Bechergläser (250 mL), 3 Thermometer, 3 Stopfen

Durchführung:

1. Stellen Sie in den vier Bechergläsern je ein Wasserbad mit 5 °C, 35 °C und möglichst heißem Wasser (≥ 80 °C her.
2. Befüllen Sie 3 Reagenzgläser mit 5 mL Harnstoff-Lösung und 10 Tropfen Phenolphthalein.
3. Stellen Sie je ein Reagenzglas in ein Wasserbad (5 °C, 35 °C und ≥ 80 °C).
3. Stellen Sie je ein zusätzliches Reagenzglas in jedes Wasserbad (5 °C, 35 °C, ≥ 80 °C) und befüllen Sie es mit je 1 mL Urease-Lösung.
4. Geben Sie nach 3 Minuten die Urease-Lösungen zur entsprechend temperierten Harnstoff-Lösung. **Starten Sie die Zeitmessung unmittelbar nach dem Zusammenschütten der Lösungen!**
5. Verschließen Sie die Ansätze mit dem Stopfen und schütteln Sie sie kurz.
7. Stellen Sie die Reagenzgläser wieder zurück ins Wasserbad.
8. Schütteln Sie alle 60 Sekunden die Reagenzgläser.
9. Messen Sie die Zeit bis zum Farbumschlag des Indikators.
10. Lassen sie die Ansätze während Sie an die Auswertung gehen, nun noch etwas stehen. Was geschieht?

Aufgabe:

- 1) Beschreiben sie die Beobachtungen.
- 2) Lesen Sie zur Vorbereitung der Deutung die Seite 34 im Lehrbuch.
- 3) Deuten sie das Versuchsergebnis. Verwenden Sie dabei die folgenden Begriffe: *RGT-Regel, Denaturierung (mit molekularer Grundlage), Temperaturoptimum, Reaktionsgeschwindigkeit, Häufigkeit des Aufeinandertreffens von Substrat- und Enzymmolekül, Schlüssel-Schloss-Prinzip*
- 4) Ordnen Sie die Kurven auf Seite 35/ Abb. 4 begründet den abgebildeten Lebewesen zu.
- 5) Vernetzung: Erklären Sie nun auf Basis Ihres Wissens die Temperaturabhängigkeit der Zellatmung.

(aus: Niedersächsisches Kultusministerium (Juli 2020). Schüler- und Demonstrationsexperimente im Fach Biologie für die Abiturprüfung mit landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen- Aufgaben auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA) mit einem experimentellen Aufgabenanteil in der schriftlichen Abiturprüfung; https://nibis.de/uploads/mk-bolhoefer/2022/20200625_2022_Hinweise-Experiment_BI.pdf)

⁴ Bei Phenolphthalein handelt es sich um einen pH-Indikator, der in sauren Lösungen farblos ist. Mit steigendem pH-Wert schlägt der Saure-Base-Indikator im alkalischen Bereich von farblos zu pink um.

Variante B: Station 3: Ist die Urease-Aktivität temperaturabhängig? – Experiment planen, durchführen und auswerten

Am Beispiel der durch Urease katalysierten Spaltung von Harnstoff kann der Einfluss der Temperatur auf enzymatisch katalysierte Reaktionen exemplarisch untersucht werden. Urease ist das Enzym, welches im Zellbetrieb die Spaltung von Harnstoff durch Wasser in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak katalysiert. Ammoniak reagiert in wässriger Lösung zu Ammonium-Ionen und Hydroxid-Ionen. Die Hydroxid-Ionen lassen den pH-Wert der Lösung ansteigen.

Aufgabe:

- a) **Plane ein Experiment (Skizze und Anleitung zur Durchführung), mit dem du die Temperaturabhängigkeit der Urease überprüfen kannst. Es stehen dir die folgenden Chemikalien und Materialien zur Verfügung.**

Chemikalien:

Ureaselösung aus Soja
Harnstoff (1%-ig)
Phenolphthalein-Lösung⁵
Demineralisiertes Wasser
Eis

Geräte:

6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Stoppuhr/Handy, Messpipetten, Wasserkocher, 3 Bechergläser (250 mL), 3 Thermometer, 3 Stopfen

- b) **Führen Sie das Experiment durch.**
- c) **Beschreiben sie die Beobachtungen.**
- d) **Lesen Sie zur Vorbereitung der Deutung die Seite 34 im Lehrbuch (Bioskop).**
- e) **Deuten sie das Versuchsergebnis. Verwenden Sie dabei die folgenden Begriffe: RGT-Regel, Denaturierung (mit molekularer Grundlage), Temperaturoptimum, Reaktionsgeschwindigkeit, Häufigkeit des Aufeinandertreffens von Substrat- und Enzymmolekül, Schlüssel-Schloss-Prinzip**
- f) **Vernetzung: Erklären Sie nun auf Basis Ihres Wissens die Temperaturabhängigkeit der Zellatmung.**

(in Anlehnung an: Niedersächsisches Kultusministerium (Juli 2020). Schüler- und Demonstrationsexperimente im Fach Biologie für die Abiturprüfung mit landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen- Aufgaben auf erhöhtem Anforderungsniveau (eA) mit einem experimentellen Aufgabenanteil in der schriftlichen Abiturprüfung; https://nibis.de/uploads/mk-bolhoefer/2022/20200625_2022_Hinweise-Experiment_BI.pdf)

⁵ Bei Phenolphthalein handelt es sich um einen pH-Indikator, der in sauren Lösungen farblos ist. Mit steigendem pH-Wert schlägt der Saure-Base-Indikator im alkalischen Bereich von farblos zu pink um.

Station 4: Die pH-Abhängigkeit der Enzyme – der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

- 1) Lesen Sie den Lehrbuchtext auf Seite 36 und versuchen Sie den Weg der Erkenntnisgewinnung in Abb. 2 nachzuvollziehen.
- 2) Überarbeiten Sie die Deutung des Experiments in Abb. 2, indem Sie die Informationen aus dem Lehrbuchtext Seite 36 zur Auswirkung von Säuren und Basen auf Enzyme zur Erläuterung der Ergebnisse mit heranziehen.
- 3) Lösen Sie auf Seite 37 Aufgabe 1 (a-d).

Concept Map

Enzym	Substratspezifität
Substrat	Wirkungsspezifität
Aktivierungsenergie	Aktives Zentrum
Biokatalysator	Enzym-Substrat-Komplex
Enzymklassen	Schlüssel-Schloss-Prinzip
Unverändertes Hervorgehen des Enzyms aus Reaktion	Brown'sche Molekularbewegung
Halbsättigung	Induced-fit
Reaktionsgeschwindigkeit	Maximalgeschwindigkeit
K_M-Wert	Wechselzahl
Substrataffinität	Produkt
RGT-Regel	Temperaturoptimum
pH-Optimum	Denaturieren
Reaktionsgeschwindigkeit	Oxidoreduktase
Transferase	Hydrolase
Lyase	Isomerase
Ligase	

Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Einführungsphase

UE: „Helicobacter“

Thema der Unterrichtseinheit: Enzymatik

Mitglieder der Arbeitsgruppe: Jürgen Nagel-Volkman, Sonja Rösel, Stefan Zantop, Cornelia Zappetti

Vorüberlegungen zur Einheit:

SuS verfügen über wenig experimentelle Erfahrung

→ einführendes „Nachkochen“ sinnvoll

→ Komplexität variierbar, ggf. kleinschrittiges Vorgehen

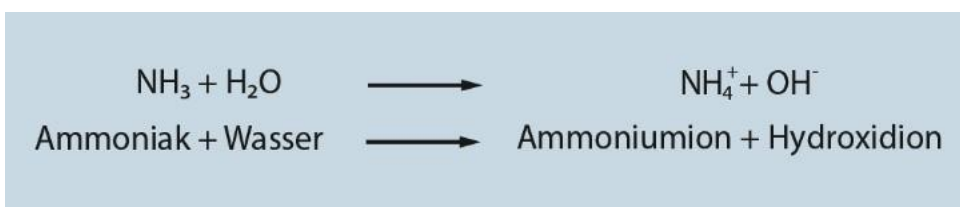
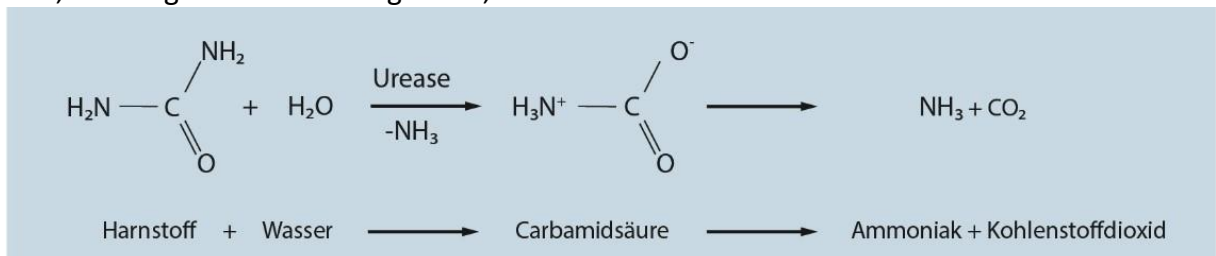
Kompetenzen:

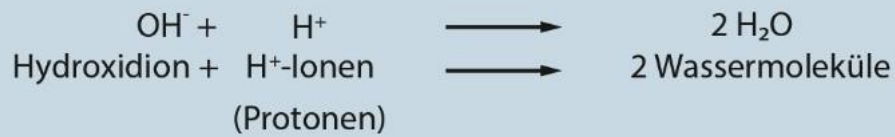
Die Lernenden

- formulieren Aussagen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration,
- entwickeln Fragestellungen zur Abhängigkeit der Enzymabhängigkeit, planen ein hypothesengeleitetes Experiment unter Berücksichtigung des Variablengefüges, führen dieses durch, nehmen Daten auf, werten sie auch unter Berücksichtigung von Fehlerquellen aus, widerlegen oder stützen Hypothesen und reflektieren die Grenzen der Aussagekraft der eigenen experimentellen Daten.
- präsentieren ihre Lern- und Arbeitsergebnisse sachgerecht.

Grober Unterrichtsverlauf:

- Einstieg: Magenschmerzen, Besuch beim Arzt, Patientengespräch über Helicobacter pylori – Nachweis-Test
- Wie funktioniert der Test? (Einfacher Nachweis über Schlucken der Harnstofftablette, bei Anwesenheit des Bakteriums wird Harnstoff u.a. in CO₂ gespalten, welches markiert ist und in der Ausatemluft nachgewiesen werden kann.)
- Einstiegsexperiment: Harnstoff wird im Reagenzglas gespalten, dann Phenolphthalein verwenden, Fachbegriffe werden eingeführt, chemische Reaktion modellhaft darstellen





- Fokus auf das experimentelle Arbeiten: AB zu finden in der Dropbox Arbeitsphase II – Enzymatik – „AB Eigenschaften von Enzymen NUN“
- Entwicklung von Experimenten zu den Abhängigkeiten (Temperatur, Substratkonzentration)
- Modellierung der Substratkonzentration – Material zu finden in der Dropbox – Arbeitsphase II – Enzymatik – „Substratkonzentration“
- Rückbezug zur Ausgangsproblematik: Magenschmerzen
- weiterführende Fragen klären: Wie wird man das Bakterium wieder los? Wie schafft es das Bakterium im Magen zu überleben? Wie kann das Bakterium die schützende Magenschleimhaut zerstören und dadurch die Entzündung auslösen?
- weiteren Enzyme im Körper: Amylase, Pepsin, Lactase, Maltase, Lipasen