



ZSL

**Zentrum für Schulqualität
und Lehrerbildung
Baden-Württemberg**

Biotechnologie

Handreichung zur Einführung des Bildungsplans im
Beruflichen Gymnasium ab Schuljahr 2021/2022



Redaktionelle Bearbeitung

Redaktion	Ulrike Ertelt, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)
Autor/in	Dr. Daniela Beck, Sibilla-Egen-Schule Schwäbisch Hall Dr. Anke Dahm, HLS Offenburg Dr. Bernd Dittrich, Käthe-Kollwitz-Schule Bruchsal Silke Fischer, Christiane-Herzog-Schule Heilbronn Stefan Kempf, Matthias-Erzberger-Schule Biberach Dr. Axel Völker, Laura-Schradin-Schule Reutlingen
Erscheinungsjahr	2021

Impressum

Herausgeber	Land Baden-Württemberg vertreten durch das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) Heilbronner Straße 314, 70469 Stuttgart Telefon: 0711 21859-0 Telefax: 0711 21859-701 E-Mail: poststelle@zsl.kv.bwl.de Internet: www.zsl-bw.de
Urheberrecht	Inhalte dieses Heftes dürfen für unterrichtliche Zwecke in den Schulen und Hochschulen des Landes Baden-Württemberg vervielfältigt werden. Jede darüber hinausgehende fotomechanische oder anderweitig technisch mögliche Reproduktion ist nur mit Genehmigung des Herausgebers möglich. Soweit die vorliegende Publikation Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Die Urheberrechte der Copyrightinhaber werden ausdrücklich anerkannt. Sollten dennoch in einzelnen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an den Herausgeber. Bei weiteren Vervielfältigungen müssen die Rechte der Urheber beachtet bzw. deren Genehmigung eingeholt werden. © Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Stuttgart 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan	4
1.1	Was ist grundlegend neu?	4
1.2	Erläuterungen zur unterrichtlichen Umsetzung der Kompetenzorientierung	5
1.3	Was hat sich inhaltlich aufgrund veränderter Rahmenbedingungen im Bildungsplan Biotechnologie .. geändert?	7
2	Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht	9
2.1	Digitale Medien und Kompetenzorientierung – oder: Wann ergibt sich aus dem Einsatz digitaler	9
	Medien ein Mehrwert?	
2.2	Tools für die digitale Literacy	10
2.3	Digitale Tools zur Unterrichtsgestaltung	10
3	Umsetzungsbeispiele (BPE 1)	16
3.1	Zellen als Funktionseinheiten des Lebens und die Rolle der zellulären Makromoleküle (BPE 1)	16
3.2	Genetische Information als Grundlage für biotechnologische Verfahren in der Medizin (BPE 7)	22
3.3	Entstehung, Vererbung, Nachweis und Therapie von Mutationen im menschlichen Genom (BPE 10)	27
3.4	Zellulärer Stoffwechsel am Beispiel der aeroben Dissimilation: Zellatmung (BPE 13)	35
4	Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen –	
	Projektunterricht (VIP)	49
4.1	Projektskizze: Analoges oder digitales Modell einer Zelle als Bau- und Funktionseinheit	49
	(Eingangsklasse)	
4.2	Projektskizze: Impfstoffherstellung und Impfquoten (Jahrgangsstufe 1)	50

1 Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan

1.1 Was ist grundlegend neu?

Die neuen Bildungspläne unterscheiden sich in erster Linie durch die Weiterentwicklung ihrer Kompetenz- und Outputorientierung. Dies bedeutet, dass der Bildungsplan und damit der entsprechende Unterricht eine umfassendere Entwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zum Ziel haben. Die im Bildungsplan formulierten Lernziele lassen sich daher den vier in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz für die allgemeine Hochschulreife festgeschriebenen Kompetenzbereichen (www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf) zuordnen. Unterschieden werden hier für naturwissenschaftliche Fächer die Bereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz. Die **Sachkompetenz** der Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignete auszuwählen, um Problemstellungen aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu lösen. **Erkenntnisgewinnungskompetenz** zeigt sich in der Fähigkeit, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu beschreiben, zu erklären und verknüpft zu nutzen um Erkenntnisprozesse nachvollziehen und eigenständig gestalten zu können sowie die Möglichkeiten und Grenzen der eingesetzten Methoden und Prozesse zu reflektieren. Die fachbezogene **Kommunikationskompetenz** der Schülerinnen und Schüler lässt sich messen an deren Fähigkeit, die Fachsprache, fachtypische Argumentationsstrukturen und Darstellungen wie z. B. Modelle und Grafiken zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, sowie adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen. **Bewertungskompetenz** schließlich zeigt sich darin, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, fachliche und überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand sinnvoller Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet eine Meinung zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und die Prozesse und Folgen von Entscheidungen zu reflektieren.

Dementsprechend ist auch der Aufbau des Bildungsplans gegenüber der Vorgängerversion verändert. Am Beginn jeder Bildungsplaneinheit (BPE) wird in Form von übergeordneten Zielen beschrieben, welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieser BPE erwerben sollen. Die Bildungsplaneinheiten selbst sind in relativ kurze Untereinheiten gegliedert. Für jede werden zunächst die Lernziele in operationalisierter Form dargestellt. Die Lernziele bzw. Kompetenzerwartungen sind dabei in Form von Beschreibungen des Könnens formuliert, das die Schülerinnen und Schüler am Ende der BPE entwickelt haben sollen. Die operationalisierte Lernzielformulierung schafft Transparenz im Hinblick auf die anzustrebende Verarbeitungstiefe und die Kompetenzbereiche, die mittels der entsprechenden Inhalte abgedeckt werden. Die darunter folgende linke Spalte, die Inhaltsspalte, gibt verpflichtend die fachlichen Inhalte an, die im Zusammenhang mit den Lernzielen der Untereinheit relevant sind. Die rechte Spalte gibt als Hinweisspalte Informationen zu Inhaltsvernetzungen, möglichen Vertiefungen und unterrichtlicher Umsetzung der Lernziele und Inhalte.

Neu ist zudem der VIP-Bereich (Vertiefung – Individualisiertes Lernen – Projektunterricht) mit einem Umfang von je 60 Stunden in der Eingangsklasse und der Jahrgangsstufe 1 sowie 48 Stunden in der Jahrgangsstufe 2. Dieser Stundenpool kann von jeder Lehrkraft eigenverantwortlich unter Berücksichtigung der Bedürfnisse und Interessen der Schülerinnen und Schüler für Wiederholungen und Vertiefungen, für Maßnahmen der individuellen Förderung, wie z. B. Lernstandsdiagnose, Feedback und Coaching, für Maßnahmen des Classroom-Managements, der Beziehungsgestaltung, zur Verbesserung des Wohlbefindens (well being) sowie für Projekte genutzt werden. Der Stellenwert des Projektes ist im kompetenzorientierten Unterricht hoch. Dementsprechend werden im Bildungsplan für jedes Schuljahr Projektthemen vorgeschlagen. Diese sind jedoch nicht verpflichtend, es können stattdessen auch eigenständig gewählte biotechnologische und fächerübergreifende Themen bzw. Fragestellungen für die Umsetzung als Projekt gewählt werden.

Die Vorbemerkungen des Bildungsplans geben Informationen zum Stellenwert des Faches innerhalb des schulischen Bildungs- und Erziehungsauftrages.

vgl. <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/subject: Bildungsstandards im Fach Biologie für die allgemeine Hochschulreife>;

vgl. Vorbemerkungen BP Biotechnologie, vgl. Stanat&Pant_2010_externe Leistungsfeststellung

Hinweis: Für die Inhalte externer Links sind die Betreiber der Seiten verantwortlich; es wird keine Haftung für die Verfügbarkeit oder den Inhalt der Internetauftritte übernommen..

1.2 Erläuterungen zur unterrichtlichen Umsetzung der Kompetenzorientierung

Kompetenzorientierung bzw. der Literacy-Ansatz in der Bildung (OECD, 2010) bedeutet, dass sich die in der Schule erworbenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in authentischen Situationen bewähren müssen. Auch in Folge der Ergebnisse internationaler Schulleistungstests (TIMMS, PISA), wurden in den letzten 20 Jahren verschiedene Konzepte des kompetenzorientierten Fachunterrichts entwickelt (z. B. Biologie im Kontext). In diesen wird der Fokus stark und direkt auf die Lernprozesse und -ergebnisse der Schülerinnen und Schüler gerichtet. Das aktive, eigenständige Erschließen und Bearbeiten von Zusammenhängen und Situationen, verbunden mit Maßnahmen der kognitiven Aktivierung, der inhaltlichen Strukturierung und der möglichst individuellen Begleitung und Unterstützung durch die Lehrperson, stehen im Vordergrund. Von Bedeutung sind dabei Diagnose- und Beurteilungsinstrumente (s. z. B. Stärkenanalyse Material BPE 1.4) und die Entwicklung einer Rückmeldekultur unter den Lernenden selbst wie auch zwischen Lehrenden und Lernenden (z. B. Material zur Reflexionsphase BPE 1.4). Den Schülerinnen und Schülern stehen Strategien zur Verfügung, mit deren Hilfe sie ihr Denken und Tun überwachen, steuern und einschätzen können (metakognitive Strategien, z. B. Projekthandbuch, Material zur BPE 1.4).

In der Konzeption und Durchführung kompetenzorientierten Unterrichts sind daher die situative Rahmung und die Vernetzung der Fachinhalte, problemorientierte und kognitiv aktivierende Unterrichts- und Lernmaterialgestaltung von großer Bedeutung.

Die situative Rahmung der Inhalte sowie die problemorientierte Unterrichtsgestaltung tragen entscheidend zur Vermeidung der Anhäufung „trägen“ Wissens durch die Schülerinnen und Schüler bei. Im

Rahmen der vorgestellten Umsetzungsbeispiele wurde versucht, diese beiden Unterrichtsprinzipien sowie die Basisdimension „kognitive Aktivierung“ zu konkretisieren. So werden z. B. die Inhalte „Bau und Funktion der Zellbestandteile einer tierischen Zelle“ situativ in den Kontext von Funktion und Synthese des Proteins Erythropoetin (EPO) gestellt, die biologischen Fachkenntnisse lassen sich damit an Phänomene wie z. B. Doping, Höhenstraining etc. anbinden, die für die Schülerinnen und Schüler zugänglich sind. Umsetzungsmöglichkeiten des unterrichtlichen Prinzips „Problemorientierung“ und der Basisdimension „kognitive Aktivierung“ sind z. B. in der vorgestellten Bildungsplaneinheit 7 anhand des Unterrichtsmaterials zur Entwicklung eines PCR- oder ELISA-Testes zum HIV-Nachweis vorgestellt. Hier sind die Schülerinnen und Schüler gefordert, mithilfe ihrer Vorkenntnisse und (evtl. auch abgestuft) gegebener Hinweise das Problem des Nachweises einer HIV-Infektion zu lösen und Testansätze modellhaft zu entwickeln.

Die Anforderungen an kognitiv aktivierende Lernaufgaben und Problemstellungen wurden in der pädagogischen und didaktischen Fachliteratur der letzten Jahre umfassend beschrieben. Zur Ermittlung des kognitiven Potenzials von Aufgaben stellten Maier, Kleinknecht, Metz, & Bohl 2010 das in Tabelle 1 dargestellte fächerunabhängige Kategoriensystem vor.

Tabelle 1: Überblick über das allgemeindidaktische Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben (Maier, U. et al., 2010)

Dimension	steigende Ausprägung von links nach rechts			
Wissensart	Fakten	Prozeduren	Konzepte	Metakognition
kognitiver Prozess	Reproduktion	naher Transfer	weiter Transfer	Problemlösen
Wissenseinheiten (WE)	eine WE	bis zu 4 WE		mehr als 4 WE
Offenheit	definiert/ konvergent	definiert/ divergent		ungenau/ divergent
Lebensweltbezug	kein	konstruiert	authentisch	real
sprachlogische Komplexität	niedrig	mittel		hoch
Repräsentationsformen	eine	Integration		Transformation

Dies bedeutet, dass Aufgaben bzw. Problemstellungen mit hohem Potenzial zur kognitiven Aktivierung möglichst real situiert sind, von den Lernenden konzeptionelles Denken und Nachdenken über den Lösungsprozess erfordern und die konstruktive Anwendung gelernten Wissens auf neue Aspekte oder unbekannte Probleme verlangen. Das Potenzial der Aufgabe ist umso höher, je weniger genau definiert ist, von welchen Informationen, Daten und Begriffen die Lösung ausgehen muss, und je lö-

sungsoffener die Aufgabe ist. Die Schülerinnen und Schüler benötigen mehrere Wissenseinheiten (WE), evtl. auch länger zurückliegendes Wissen, um die Aufgabe zu lösen. Die Sprachkomplexität kognitiv aktivierender Aufgaben ist hoch, d. h., der Aufgabentext gibt wenig Hinweise auf den Lösungsweg. Aufgaben, die den Lernenden die Übertragung von Informationen in eine andere Form der Darstellung abverlangen, z. B. Text in Grafik, eignen sich ebenfalls gut zur kognitiven Aktivierung (vgl. Maier et al., 2010, S. 86-90).

Dem Aspekt „Vernetzung von Lerninhalten“ trägt der Bildungsplan dadurch Rechnung, dass an verschiedenen Stellen zu Beginn einer Bildungsplaneinheit die Erstellung einer vorausgehenden Inhaltsübersicht (Advance Organizer) gefordert ist (z. B. BPE 3.1; BPE 5.7; BPE 7.4; BPE 10.4; BPE 15.1). Ziel dieser übersichtgebenden Bildungsplanuntereinheiten ist es, den Schülerinnen und Schülern eine Hilfe zur Vernetzung der z. T. sehr komplexen Inhalte und Zusammenhänge anzubieten. Für eine nähere Beschreibung des Prinzips anhand eines Beispiels siehe Kapitel 3.2, BPE 7.

Literaturempfehlungen:

- Adamina, Marco: Lehr- und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht – In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 32 (2014) 3, S. 359-372 – URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-138752
- Baumert, J. (1999). Befunde der internationalen Leistungsvergleiche zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht und fachdidaktische Konsequenzen. In J. u. Ministerium für Kultus, Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (S. 11-20). Waiblingen: Druckhaus Waiblingen.
- Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K., & Bohl, T. (2010). Ein allgemeindidaktisches Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 28, S. 84-96.

1.3 Was hat sich inhaltlich aufgrund veränderter Rahmenbedingungen im Bildungsplan Biotechnologie geändert?

Um die Umsetzung der Kompetenzorientierung im Unterricht zeitlich zu ermöglichen, wurde der inhaltliche Umfang des Bildungsplanes Biotechnologie gegenüber der Vorgängerversion vermindert, indem die fachliche Breite eingeschränkt wurde. Dies konnte durch Verlagerung von Inhalten in den Bereich der Wahl-, Wahlpflicht- bzw. Ergänzungsfächer, den VIP-Bereich und durch exemplarisches Vorgehen erreicht werden. So wurden z. B. Teile des Bereiches Immunbiologie sowie der Reproduktionsbiologie in den Bildungsplan Sondergebiete der Biowissenschaft integriert, das Fachgebiet „grüne Gentechnik“ wurde als Projektvorschlag in den VIP-Bereich verlagert. Exemplarisches Vorgehen bedeutet eine Verschiebung des unterrichtlichen Fokus weg von einer möglichst umfassenden Wissensvermittlung hin zum Erwerb prinzipieller Kenntnisse und Kompetenzen innerhalb eines Fachgebietes anhand eines Beispiels. So wurde z. B. im Rahmen der BPE 15, biotechnologische Produktion, im neuen Bildungsplan auf die Vermittlung von Kenntnissen zu vielen verschiedenen Bioreaktortypen verzichtet. Stattdessen steht der Rührkesselreaktor als prinzipielles Beispiel im Zentrum der Einheit. Die Inhalte der BPE 5 des vorherigen Bildungsplanes zum Thema natürliche Wege der Genübertragung wurden stark reduziert und auf das exemplarische Beispiel des Retrovirus beschränkt. Nach dem Prinzip der situativen Rahmung sind die entsprechenden Lernziele und Inhalte im Rahmen der BPE 7 in einen Zusammenhang mit HIV gestellt. Die BPE 7 hat somit eine Gelenkfunktion zwischen den

natürlichen Vorgängen des horizontalen und vertikalen Gentransfers und der technischen Anwendung molekulargenetischer Vorgänge.

Verändert wurde zudem die Reihenfolge der Inhalte. Der Vorgang der Proteinbiosynthese bzw. das zentrale Dogma der Molekulargenetik werden nun z. B. in einem einfachen Überblick im Zusammenhang mit dem Bau und der Funktion einer tierischen Zelle im Rahmen der BPE 1.4 in der Eingangsklasse gelernt. Der detaillierte Ablauf der Realisation der genetischen Information ist Inhalt der BPE 8 in Jahrgangsstufe 1. Durch diese Inhaltsverlagerung konnte erreicht werden, dass die Vorgänge der Proteinbiosynthese und der Genregulation bei Pro- und Eukaryoten in direktem Vergleich und im Zusammenhang mit den Prozessen zur Herstellung gentechnisch veränderter Proteine erarbeitet werden können. Dementsprechend können nun die prinzipiellen Aspekte der PCR in der Eingangsklasse und damit in zeitlicher Nähe zum analogen Vorgang der DNA-Replikation unterrichtet werden. Den Schülerinnen und Schülern kann damit in beiden Fällen exemplarisch das Grundprinzip der Biotechnologie, die Nutzung biologischer Vorgänge in technischen Verfahren, verdeutlicht werden.

Insgesamt wurde durch die Neustrukturierung des Bildungsplans versucht, den Schülerinnen und Schülern das Erkennen inhaltlicher Zusammenhänge zu erleichtern.

Neu in den Bildungsplan aufgenommen wurden aufgrund fachlicher Weiterentwicklungen die Themen „Epigenetik“ und „Gentechnische Veränderungen mittels CRISPR/Cas-System“. Nach dem Prinzip der situativen Rahmung von Inhalten wurden die Lerninhalte zum CRISPR/Cas-System in Verbindung mit der, in diesem Zusammenhang ebenfalls neu zu bewertenden, Gentherapie in die BPE 10.10 integriert. Die Inhalte können in verschiedenen Kontexten im VIP-Bereich der Jahrgangsstufe 1 (Experiment) und der Jahrgangsstufe 2 (grüne Gentechnik) vertieft werden. Grundlegende epigenetische Prozesse und Prinzipien sind Lerninhalte der BPE 9.2. Diese können fakultativ im Rahmen eines Projektes des VIP-Bereiches, z. B. im Zusammenhang mit Evolution, vertieft werden.

Ebenfalls neu aufgenommen in den Bildungsplan wurden für das Verständnis biotechnologischer Inhalte essenzielle Grundlagen der Fächer Chemie (z. B. BPE 1.5, BPE 3.3–3.5, BPE 13.1–13.4) und Bioinformatik (BPE 8.8). Diese Anpassung wurde notwendig, da die beiden Fächer Bioinformatik ab der Eingangsklasse und Chemie ab der Jahrgangsstufe 1 von den Schülerinnen und Schülern nicht mehr als Pflichtfach belegt werden müssen.

Ferner wurden an verschiedenen Stellen des Bildungsplans im Zusammenhang mit der exemplarischen Vorgehensweise inhaltliche Beispiele verbindlich festgelegt. So sollen z. B. im Rahmen der BPE 10.6–10.9 die Inhalte zur Diagnostik verschiedener Mutationstypen anhand vorgegebener Krankheitsbilder erarbeitet werden. Für die BPE 8, Realisation der genetischen Information: Biosynthese von Proteinen und heterologe Expression, ist als zentrales Beispiel die Synthese von Insulin vorgesehen. Diese Vorgehensweise legt im Hinblick auf die zentrale Abiturprüfung die Grundlage für eine Standardisierung des Aufgabenniveaus und damit für vergleichbare Leistungsanforderungen für alle Schülerinnen und Schüler. Es bleibt jeder Lehrkraft unbenommen, im Rahmen von Vertiefungen und Konsolidierungsphasen weitere Beispiele in den Unterricht zu integrieren.

2 Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht des jeweiligen Fachs

2.1 Digitale Medien und Kompetenzorientierung – oder: Wann ergibt sich aus dem Einsatz digitaler Medien ein Mehrwert?

Unterrichtsgestaltung ohne digitale Medien ist bereits seit vielen Jahren kaum mehr vorstellbar. Ein didaktischer Mehrwert ergibt sich durch digitale Medien im Unterricht in erster Linie durch deren Vergegenwärtigungs- und Kommunikationsfunktion.

Vergegenwärtigungsfunktion bedeutet, einen Effekt zu erzeugen, durch den Abwesendes oder nicht Sichtbares präsent wird. Im einfachsten Fall geschieht das durch die Präsentation eines Bildes oder einer Grafik. Nach der Theorie der Doppelcodierung (Paivio, 1986) erhöht die Kombination verbaler und nonverbaler Codierung, also Text bzw. Vortrag mit Bild etc., die Lerneffekte. Diese Aspekte des Medieneinsatzes sind zwar nicht neu, jedoch bieten digitale Medien einfache und effektvolle Möglichkeiten der praktischen Umsetzung der Vergegenwärtigungsfunktion. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind Aufnahme, Präsentation und Sicherung von lichtmikroskopischen Bildern der von den Schülerinnen und Schülern erzeugten Präparate wertvoll und gelingen in zufriedenstellender Qualität bereits mit dem Smartphone. Messwerterfassung und -darstellung in der Durchführung und Auswertung von Experimenten sind weitere fachbereichsspezifische Beispiele.

Für die unterrichtliche Umsetzung der Kompetenzorientierung mit den Anforderungen Problemorientierung, kognitive Aktivierung, situative Rahmung und Verknüpfung von Lerninhalten bieten digitale Medien vielfältige Möglichkeiten. Diese können zur Gestaltung und Präsentation von Lerninhalten, im Rahmen einer direkten Instruktion, z. B. in der Konfrontations- und Problemfindungsphase oder auch in der Konsolidierungsphase des Unterrichts, genutzt werden und reichen beispielsweise vom bildgestützten Vortrag über, von der Lehrkraft oder den Schülerinnen und Schülern selbst erstellte, Erklärvideo bis hin zum Einsatz von virtual- bzw. augmented reality tools wie z. B. VR-Brillen.

Digitale Medien erleichtern Lehrkräften das Design, die Ermöglichung und die Anleitung kognitiver und sozialer Prozesse zur Erzielung persönlich bedeutsamer und didaktisch sowie mathematisch wertvoller Lernresultate. So können Schülerinnen und Schüler im Unterricht z. B. zelluläre oder molekulare Strukturen als Modell oder Bild konstruieren und damit mittels digitaler Techniken Prozessabläufe virtuell darstellen. Die Entwicklung und Konzeption von Experimenten kann digital simuliert werden, um anschließend in die Laborrealität umgesetzt zu werden.

Bei der **Kommunikationsfunktion** geht es darum, Medien dort einzusetzen, wo Kommunikationspartner zeitlich und/oder räumlich nicht anwesend sind. Auch hier bieten digitale Medien vielfältige Möglichkeiten, um z. B. weit voneinander entfernt wohnenden Schülerinnen und Schülern die kooperative Arbeit an Arbeitsaufträgen, Projekten, Seminararbeiten von zu Hause zu ermöglichen. Digitale Foren ermöglichen das Stellen und Beantworten von Fragen, die in häuslichen Lernphasen auftreten. Das digitale Bearbeiten von Aufgaben und Tests gibt der Lehrkraft schnell und einfach zu handhaben-

de Möglichkeiten für individuelles Feedback und damit zur individuellen Förderung der Schülerinnen und Schüler.

2.2 Tools für die digitale Literacy

Die vorgestellten Tools wurden nicht datenschutzrechtlich geprüft; eine datenschutzrechtliche Prüfung ist von der verantwortlichen Stelle im Sinne des Art. 4 Nr. 7 DSGVO durchzuführen.

2.2.1 OFFICEPROGRAMME

Ergebnisse, die im Rahmen von Experimenten erhalten werden, müssen, entsprechend der naturwissenschaftlichen Vorgehensweise, zunächst dokumentiert, dann analysiert und zuletzt präsentiert werden. So kann der beschreibende Teil eines Protokolls mit einem Textverarbeitungsprogramm erstellt werden. In einem Tabellenkalkulationsprogramm erfasste Daten können analysiert und grafisch aufbereitet werden. Hier ergeben sich direkte Verknüpfungen zu den Schulfächern Deutsch und Mathematik. Zuletzt können die aus den Ergebnissen gewonnenen Erkenntnisse in einer ansprechenden, verständlichen und kompakten Form präsentiert werden (Präsentationssoftware, Postererstellung). Mit dieser Vorgehensweise erlernen und professionalisieren die Schülerinnen und Schüler den Umgang mit Officeprogrammen, wobei die so erworbene Kenntnis eine Schlüsselqualifikation in der heutigen Berufswelt darstellt und unverzichtbar ist.

2.2.2 INTERNETRECHERCHE

Die Nutzung von Internetquellen zur Informationsbeschaffung gehört zur Lebenswelt der jungen Erwachsenen. Heute besteht das Problem jedoch nicht in der bloßen Informationsbeschaffung, sondern darin, verfügbare Informationen nach dem Kriterium der Validität zu filtern. Verlässliche Quellen zu kennen und zu identifizieren, wird eine immer größer werdende Herausforderung, da in der Anonymität des Internets jeder (ob qualifiziert oder nicht) zu jedem Thema seine Meinung, Beobachtung oder Erkenntnis äußern und verbreiten kann. Für die Schülerinnen und Schüler ist es daher wichtig, evidenzbasierte Erkenntnis von der freien Meinungsäußerung unterscheiden zu können. Durch im Unterricht erteilte Rechercheaufträge zu neuen Themen oder zur Vertiefung können verschiedene, z. T. sehr spezielle, Datenbanken und andere Informationsquellen kennengelernt und der Umgang damit erlernt werden. Für den biotechnologischen Sektor bieten beispielsweise NCBI, EBI, UniProtKB und BRENDA wertvolle Möglichkeiten der Informationsbeschaffung. Da die Quellen zum Teil in englischer Sprache verfasst sind, bietet dies auch ein gutes Training der (Fremd-)Sprachenkompetenz.

2.3 Digitale Tools zur Unterrichtsgestaltung

2.3.1 VIDEOS/INTERAKTIVE TOOLS

Erklärvideos können sowohl von Lehrkräften als auch von Schülerinnen und Schülern erstellt werden (z. B. über Tools des Landesmedienzentrums). Von Lehrkräften erstellte Videos finden ihren Einsatz z. B. im Flipped Classroom, im Distance Learning oder in der individuellen Nachbereitung und Konsolidierung der Lerninhalte durch die Schülerinnen und Schüler. Sie sind eine gute Möglichkeit,

Fachwissen außerhalb der Schule zu den Lernenden zu transportieren, um dieses anschließend im Präsenzunterricht in problemhaltigen Lernsituationen zu vertiefen. Sie können zudem zur individualisierten Lernzeitgestaltung im Präsenzunterricht eingesetzt werden. Des Weiteren können Erklärvideos für den Einstieg in ein Unterrichtsthema, die Erarbeitung oder zur Wiederholung von Bildungsplaninhalten verwendet werden. Kurze Videobeiträge zu aktuellen Themen, die einen Bezug zu einem bestimmten Unterrichtsthema haben, können für die Schülerinnen und Schüler sehr motivierend sein. Die Videoproduktion mittels verschiedener Techniken durch die Schülerinnen und Schüler, z. B. zur Visualisierung biologischer Prozesse, bietet vielfältige Möglichkeiten zur Gestaltung kompetenzorientierter und kognitiv aktivierender Arbeitsaufträge.

- **StopMotion-Videos/Legetechnik-Videos**

Erstellen von StopMotion- oder Legetechnik-Videos zur Veranschaulichung biologischer Abläufe. Dazu werden Modelle und/oder Abbildungen konstruiert, die anschließend zur Darstellung biologischer Prozesse genutzt werden. StopMotion bedeutet, dass der Film durch die Aufnahme vieler Einzel fotografien entsteht (wie eine Art Daumenkino). In der Legetechnik werden Modelle, Bilder und kurze Texte in den Filmausschnitt geschoben und wieder daraus entfernt. Vorgänge, die sich für die Darstellung in diesen Formen eignen, sind z. B. Transkription, Translation, Replikation (s. Beispiel Materialordner), Regulation der Genexpression, Ablauf eines ELISA-Tests auf der molekularen Ebene etc.

- **Erklärvideos mit Explain Everything oder verschiedenen Notierapps**

Erstellen eines Erklärvideos mit der App Explain Everything¹ oder mit Notierapps wie GoodNotes², OneNote², Notability². Diese Apps können wie ein Whiteboard verwendet werden. Es können pdf-Dateien, Bilder, Videos, Grafiken etc. importiert und in die Erklärungen einbezogen werden. Mittels Screencast können alle Vorgänge auf dem Whiteboard aufgezeichnet und später zum Erklärvideo geschnitten werden. Apps mit Whiteboard-Funktion eignen sich auch gut für frontale Phasen im Online-Unterricht bzw. Distance Learning. Beim Thema Enzyme können z. B. Schülerexperimente (Katalase-Versuche, Peroxidase-Versuche) gefilmt, die Videos importiert und anhand dieser die Wirkungsweise und die Spezifitäten von Enzymen erklärt werden.

- **Browserbasierte Whiteboards für kooperatives Lernen, z. B. Conceptboard¹**

Siehe Kapitel 2.3.4

- **Interaktive Arbeit mit Lernvideos mittels H5P³, auch in Moodle**

H5P ist eine freie und quelloffene Software für die Erstellung interaktiver (Lern-)Inhalte. Zu den bereits verfügbaren Inhaltsformen zählen z. B. Videos oder Präsentationen mit eingebetteten Quiz-Aufgaben verschiedenster Art, Zeitstrahlen oder ein Memory-Spiel.

In der Lernplattform Moodle ist H5P als Aufgabentyp bereits integriert.

¹ Die Basisversion der App ist kostenlos.

² kostenpflichtig

³ Die Software ist einen Monat kostenlos (Probeabo), danach kostenpflichtig.

2.3.2 APPS FÜR DIE ERSTELLUNG VON KONSOLIDIERUNGSMATERIAL

- **Kahoot!**

Kahoot! wird von Lehrerinnen und Lehrern benutzt, um Schülerinnen und Schüler zu motivieren, den Unterrichtsstoff zu lernen. Es schafft einen spielerischen Wettbewerb. Es werden Fragen und mögliche Antworten vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler müssen so schnell wie möglich auf die richtige Antwort klicken. Für eine richtige Antwort erhalten sie Punkte. Kahoot! eignet sich, um Schülerinnen und Schüler am Ende einer Einheit zu motivieren, Erlerntes zu üben.

- **LearningApps**

Unter www.learningapps.org kann man entweder bereits vorhandene elektronische Übungen zu einem biotechnologischen Thema verwenden oder eine eigene Übung entwerfen. Es können verschiedene Apps mit unterschiedlichen Aufgaben, z. B. Multiple-Choice, Paare bilden, Reihenfolgen, Lückentexte und Kreuzworträtsel, erstellt werden. Außerdem kann eine Klassengruppe mit Schülerkonten eingerichtet werden. Durch dieses Tool kann man sehen, ob und wann die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe richtig gelöst haben. Beispiele siehe BPE 1, 7, 10 und 13.3, 13.4.

2.3.3 MÖGLICHKEITEN IN MOODLE (EINE AUSWAHL)

- **Moodlewiki**

Die Lehrkraft erstellt einen grundlegenden Text zu einem Thema, in dem wichtige Fachbegriffe als Link eingetragen werden. Die Schülerinnen und Schüler schreiben zu den Links wieder erklärende Texte, so entsteht ein Wiki der Klasse zum Thema. Es wird erkennbar, wer an welchen Begriffen gearbeitet hat, Versionen lassen sich nachverfolgen. In Moodlewiki können auch Bilder und Filme in die Texte integriert werden.

- **Mindmap**

Nach demselben Prinzip wie Moodlewiki kann die Lehrkraft (oder auch Schülerinnen oder Schüler) eine Grundstruktur anlegen, die dann nach den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler erweitert werden kann.

- **Schatzsuche**

Die Lehrkraft kann in Moodle eine Art Schnitzeljagd/Escape Room für draußen oder für eine Internetrecherche erstellen. Die richtige Lösung einer fachlichen Aufgabe führt jeweils zum nächsten Spielepunkt und am Ende zum Schatz/zur Lösung.

Moodlewiki, Mindmap und Schatzsuche sind sehr gute Tools, um im Distance Learning/Flipped Classroom ein kooperatives Arbeiten zu ermöglichen.

- **Quiz/Test**

Die Lehrkraft kann verschiedene Typen von Testaufgaben erstellen. Möglichkeiten sind: Multiple-Choice, Lückentext, Bilder und Text einem Bild zuordnen, Filme durch Fachworte an der richtigen Stelle ergänzen, aber auch komplexe Aufgaben, die das freie Formulieren von Antworten erfordern.

Die Schülerinnen und Schüler können die Tests zu Übungszwecken absolvieren, wobei sofort nach Beendigung der Aufgaben die Korrekturen eingeblendet werden, die Schülerinnen und Schüler daher unmittelbar ein Feedback erhalten. Lediglich bei den Freitextaufgaben ist eine Korrektur durch die Lehrkraft nötig. Mit diesem Tool können jedoch auch Klassenarbeiten geschrieben werden.

- **H5P**

Siehe Kapitel 2.3.1

- **Aufgaben**

In Moodle können Aufgaben verschiedener Arten direkt erstellt werden oder in Form von Dateien an die Schülerinnen und Schüler verteilt werden. Diese können ihre Antworten (Text, Bilder, Filme etc.) in den Aufgabenbereich hochladen oder direkt in einem Moodle-Feld antworten. Die Korrektur der eingereichten Lösungen kann von der Lehrkraft direkt in Moodle erfolgen und wird an die Schülerinnen und Schüler weitergeleitet. Damit ist ein sehr effizientes und individuelles Feedback möglich.

- **Feedback**

Mit diesem Tool können Umfragen oder Evaluationsformulare angelegt werden, es stehen verschiedene Fragetypen zur Verfügung. Die Umfragen können Personen zugeordnet oder anonym ausgefüllt und direkt ausgewertet werden. Die Auswertung kann als Datei exportiert werden. Dieses Tool eignet sich hervorragend, um Schülerinnen- und Schüler-Feedback zum Unterricht einzuholen.

- **Forum**

Das Tool Forum bietet allen Kursteilnehmerinnen und -teilnehmern die Möglichkeit, Fragen zu formulieren und zu beantworten. Diese können thematisch sortiert werden. Nutzen die Schülerinnen und Schüler das Forum regelmäßig, kann die Lehrkraft sehr gut die Entwicklung des Kenntnisstandes beobachten. Sie erhält dadurch ein Feedback zur Wirksamkeit des Unterrichts und kann Denkfehler bzw. Fehlentwicklungen im Lernprozess schnell erkennen.

2.3.4 BROWSERBASIERTE, KOSTENLOSE TOOLS FÜR KOOPERATIVES ARBEITEN, FEEDBACK EINHOLEN, BRAINSTORMING UND FRAGEN EINREICHEN

Siehe Beispiele in BPE 1.4; Materialordner: Datei „Hinweise für die Lehrkraft_Browserbasierte Tools in der BPE 1_4“

- **Mentimeter**

Mentimeter ist ein Tool, mit dem sehr einfach Präsentationen zur Erhebung und sofortigen Visualisierung von Vorwissen, Ideen, Meinungen, Feedback in einem Auditorium (Klasse, Vortragspublikum) durchgeführt werden können. Für den Vortragenden, die Vortragende ist die App registrierungspflichtig, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer können über einen generierten Link oder QR-Code mit Smartphone, Tablet oder Laptop direkt auf die Umfrage zugreifen, ohne registriert zu sein. Das bekannteste Visualisierungsergebnis von Mentimeter ist die Wortcloud, die sich sehr gut z. B. für ein einfaches Brainstorming zur Erhebung von Vorkenntnissen zu einem Thema nutzen lässt.

- **frag.jetzt**

Mit frag.jetzt können Lehrkräfte/Vortragende anonym Fragen zu einem Thema, einem Vortrag, einer Unterrichtssequenz aus dem Publikum einholen. Dazu werden lediglich auf der Benutzeroberfläche

der App ein Zahlencode und ein QR-Code generiert, eine Registrierung ist nicht erforderlich. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer können damit über alle digitalen Endgeräte auf die Eingabeseite der Fragen zugreifen, Fragen anonym und schriftlich formulieren und auch ranken. Die Lehrkraft kann dadurch nicht nur erkennen, welche Aspekte des Themas noch ungeklärt sind, sondern auch, wie verbreitet die Frage in der Zielgruppe ist. Anhand der Qualität der Fragen können Rückschlüsse auf die bisher erreichte Verarbeitungstiefe gezogen werden. Durch die Anonymität wird zurückhaltenden und ängstlichen Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geboten Fragen einzureichen. Die Notwendigkeit der schriftlichen Formulierung der Fragen führt häufig zu einer höheren Präzision der Fragestellungen.

- **Browserbasierte Whiteboards für kooperatives Lernen, z. B. Conceptboard, Mural**

Kooperative Arbeitsphasen, z. B. in der Bearbeitung von Hausaufgaben, Projektaufträgen oder GFS-Vorbereitungen, scheitern häufig an der großen Distanz zwischen den Wohnorten der Schülerinnen und Schüler. Eine gemeinsame Arbeit an Dateien und Aufgaben ist über browserbasierte Whiteboards möglich. Conceptboard bietet der Lehrkraft z. B. die Möglichkeit, Arbeitsaufträge und Arbeitsmaterial wie Bilder auf dem Whiteboard zu hinterlegen. Alle angemeldeten Schülerinnen und Schüler können gleichzeitig oder zeitversetzt darauf zugreifen und die Aufgabe gemeinsam bearbeiten. Durch die Kombination mit einem Video-Konferenztool können die Schülerinnen und Schüler dabei auch diskutieren.

Mural ist ein digitaler Dienst, auf dessen Basis man allein oder im Team mit virtuellen Post-Its auf einem browserbasierten Whiteboard arbeiten und die Notizen frei arrangieren und clustern kann.

- **Projektmanagement-Tools**

Methoden des (agilen) Projektmanagements sind heute in der Mehrzahl der Berufe und bereits in vielen Studiengängen Standard. Ihr Einsatz bei schulischen Projekten ist damit zum einen eine gute Vorbereitung auf Studium und Beruf und zum anderen eine Hilfe für Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte zur gewinnbringenden Organisation und Umsetzung von Projekten. Projektmanagement-Tools bieten z. B. die Möglichkeit verschiedene Methoden zur Organisation von Projekten, wie etwa das Taskboard, online anzuwenden und damit auch von zu Hause aus abrufen und bearbeiten zu können.

- **minnit, Feedbacktool des Landesmedienzentrums**

Lehrkräfte können sich unter <https://anmeldung.minnit-bw.de/> für die Verwendung von minnit registrieren. Mit minnit bietet das Landesmedienzentrum Baden-Württemberg (LMZ) im Auftrag des Kultusministeriums ein werbefreies und datenschutzkonformes Umfragetool für Schulen.

Die webbasierte Anwendung macht es Lehrkräften einfach, schnell, intuitiv und mit geringem Aufwand kurze Umfragen zu erstellen. Sie lässt sich ohne Installation aus dem Internetbrowser heraus starten und läuft auf praktisch allen Smartphones, Tablets oder Computern. Mit wenig technischem Aufwand können große Gruppen Fragen beantworten und gemeinsam auf Grundlage der Antworten diskutieren. So können Lernende den Unterricht mitgestalten. Sie scannen mit einem Endgerät einen QR-Code und gelangen direkt zur Umfrage. Alternativ kommen sie auch per Link dorthin.

Das Design der Umfragen ermöglicht der Lehrkraft die Anlage von Antworten in Form von Einfach- und Mehrfachauswahl, richtig/falsch, einem Freitext oder einem Lückentext. Die Auswertung kann dann sofort gemeinsam live betrachtet und mit der Klasse diskutiert werden.

(Link: <https://www.lmz-bw.de/minnit/#/minnit/#c50535>)

2.3.5 VIRTUAL/AUGMENTED REALITY-TOOLS

Augmented und virtual reality tools bieten die Möglichkeit, Räume und dreidimensionale Objekte virtuell darzustellen und/oder zu betrachten. Mit einfachen Apps wie z. B. AR Anatomy 4D+ oder Complete Anatomy 2021 können menschliche Körperstrukturen und Gewebe dreidimensional und in Funktion dargestellt werden. Mit dem Merge Cube, einem Schaumstoffwürfel, der als optischer Trigger fungiert, können Hologramme in der Hand erzeugt und physische Objekte überlagert werden. Der Merge Cube ist auch als ausdrückbare PDF-Vorlage erhältlich. Weiterhin benötigt man ein Smartphone oder ein Tablet, um sich die Merge Cube Apps downzuloaden. Der Würfel wird ausgedruckt und zusammengebastelt. Mittels VR-Brillen und entsprechender Software wie z. B. <https://stories360.org/> können (selbst erstellte) Bilder verwendet werden, um biologische Vorgänge (Proteinbiosynthese) als erzählte und dreidimensional darstellte Geschichten zu gestalten und zu betrachten.

3 Umsetzungsbeispiele (BPE 1)

3.1 Zellen als Funktionseinheiten des Lebens und die Rolle der zellulären Makromoleküle (BPE 1)

3.1.1 STOFFVERTEILUNGSPLAN – BPE 1

45-MINUTEN-EINHEITEN

Bei der Durchführung der BPE 1.4 als Projekt werden der BPE 1 sechs zusätzliche Unterrichtsstunden aus dem VIP-Bereich zugeordnet.

NR.	LERNZIELE, TÄTIGKEITEN UND THEMATISCHER UMFANG	VERNETZUNG MIT
	Die Schülerinnen und Schüler...	
1	...beschreiben die Bedeutungen des Begriffs „Biotechnologie“. Dabei werden sowohl der interdisziplinäre Charakter der Biotechnologie deutlich als auch die historische Entwicklung des Forschungs- und Anwendungsfeldes	Was ist Chemie, Biologie, Physik?
2	...nennen die verschiedenen Anwendungsgebiete der Biotechnologie unter Einbezug der zugeordneten Farben. Sie beschreiben je ein möglichst alltagsnahes Beispiel für ein Verfahren oder ein Produkt der Anwendungsgebiete.	Berufsfelder der Biotechnologie
3	...leiten aus dem Vergleich belebter und unbelebter Objekte die Kennzeichen des Lebens ab. Sie benennen Viren als Partikel an der Grenze des Lebens, die sich zur Vermehrung eine Wirtszelle zunutze machen.	Bakteriophagen, BPE 1.3
4-5	...beschreiben anhand eines geeigneten Beispiels den hierarchischen Aufbau eines Organismus über Organe und Gewebe bis zur Zelle. Sie beschreiben licht-	BPE 6.2 mikroskopisches Praktikum

	<p>mikroskopische Untersuchungen als bildgebende Verfahren zur Analyse mikroskopischer Strukturen und erwerben Kompetenzen im Umgang mit dem Lichtmikroskop. Im Zusammenhang mit mikroskopischen Untersuchungen von Zellen erkennen und erläutern sie die Schritte des Weges der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.</p>	<p>→ Praktische Anteile können in die Praktikumsstunden verlagert werden.</p>
6–9	<p>...analysieren mithilfe geeigneter Fragestellungen und Präparate bzw. Beispielorganismen verschiedene Zelltypen und ordnen sie anhand ihrer lichtmikroskopisch erkennbaren Organellen und Merkmale den verschiedenen Reichen des Lebens zu. Anhand der Viren erkennen und beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Grenzen der Lichtmikroskopie und stellen die Elektronen- und Fluoreszenzmikroskopie als weiterführende bildgebende Verfahren dar. Die Schülerinnen und Schüler vergleichen licht-, fluoreszenz- und elektronenmikroskopische Abbildungen sowie Schemazeichnungen verschiedener Zelltypen und Bakteriophagen, benennen die Organellen bzw. Bauteile und beschreiben die dabei deutlich werdenden Grenzen der Aussagekraft der verschiedenen bildgebenden Verfahren.</p>	<p>Licht als elektromagnetische Welle Elektronen als Teilchen Mikroskopie im Praktikum</p>
10–13	<p>...leiten aus der Konfrontationspräsentation die Fragestellung nach Bau, Funktion und Zusammenarbeit der Zellbestandteile bei der Proteinbiosynthese ab: Einstieg in das Thema „Die Zelle als proteinsynthetisierende Funktionseinheit: Produktion zu exportierender Proteine durch tierische Zellen.“ (Nähere Beschreibung s. 3.2.1 Unterrichtsverlaufsplan). Erläuterung und Organisation des Gruppenpuzzles bzw. des Projektes je nach Wahl der Unterrichtsform, Lern- und Kompetenzzieltransparenz, Stamm- und Expertengruppenbildung. Vorstellung des Projekthandbuchs.</p>	<p>Funktionen von Proteinen</p>
14	<p>...lesen sich in die Informationsmaterialien zu ihrem gewählten Expertenthema ein und erwerben Vorstellungen und Wissen zu Bau und Funktion des gewählten Zellbestandteils im Zusammenhang mit dessen Aufgabe im Rahmen der Proteinbiosynthese (Think/Individualphase), nähere Beschreibung s. 3.2.1 Unterrichtsverlaufsplan.</p>	<p>Struktur-Funktions-Zusammenhang</p>
15–16	<p>...diskutieren und hinterfragen in der Expertengruppe die im Rahmen der Think-Phase individuell gewonnenen Erkenntnisse über ihr Expertenthema. Sie lösen dabei auftretende Fragen und Probleme. Die Schülerinnen und Schüler der Expertengruppen erstellen zusammen eine Bau-Funktions-Tabelle für ihren Zellbestandteil als Expertengruppenprodukt.</p>	
17	<p>...formulieren in ihren Expertengruppen Texte, die die Rolle des gewählten Zellbestandteiles im Rahmen der Realisierung der genetischen Information erklären.</p>	
18–19	<p>...präsentieren ihre Expertengruppenergebnisse in ihren Stammgruppen und geben damit ihr Wissen an ihre Stammgruppenmitglieder weiter. Sie analysieren und hinterfragen gegenseitig ihre Arbeitsergebnisse.</p>	
20	<p>...planen in ihren Stammgruppen den Bau eines Zellmodells, anhand dessen sich der Weg der Proteinbiosynthese sowie Bau und Funktion der daran beteiligten Zellbestandteile beschreiben und erklären lassen. Kooperative Planungsphase</p>	
21–	<p>...setzen ihre Planung um und bauen ihr Zellmodell. Sie formulieren gemeinsam</p>	

23	einen Sprechertext für die Präsentation.	
24– 25	...präsentieren ihre Zellmodelle und erklären unter Einbezug ihres Modells und mithilfe ihres Sprechertextes den Weg der Proteinbiosynthese im Überblick sowie Bau und Funktion der daran beteiligten Zellbestandteile. Methodische Gestaltung im Konferenzformat oder Marktplatz	
26– 27	...reflektieren und bewerten die Präsentationen und Modelle aller Gruppen mittels zuvor festgelegter Kriterien.	
28– 30	...diskutieren und klären offen gebliebene Fragestellungen, konsolidieren und vertiefen ihre Kenntnisse und Kompetenzen mittels fakultativer Aufgaben.	
31– 32	...erkennen und beschreiben, ausgehend vom Cytoplasma als wässriger Lösung und Speicherort zellulärer Moleküle und Ionen, Wasser als hydrophiles Molekül im Gegensatz zu z. B. Fetten und Ölen als hydrophobe Moleküle. Anhand einer einfachen Modellvorstellung beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Dipoleigenschaften des Wassers.	Atombau EN PSE BP Chemie BPE 1.4: Cytoplasma
33– 34	Von der Zelle als Funktionseinheit zu den molekularen Grundbausteinen: ...erstellen unter Einbezug von Alltagsbeispielen eine Übersicht über die biologisch relevanten Makromoleküle Kohlenhydrate, Lipide, Proteine und Nucleinsäuren. Sie erkennen und beschreiben dabei das Prinzip des polymeren Aufbaus und benennen die entsprechenden Monomere und deren Strukturformel.	BPE 1.4: Zellkern, Ribosom, Protein

3.1.2 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 1.4; UNTERRICHTSSTUNDEN 10–24

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
	Die Schülerinnen und Schüler...		
60	...entwickeln und formulieren die Problemstellung durch eine fallbezogene Präsentation (z. B. Erythropoetin/EPO): „Wie müssen die beteiligten Zellorganellen einer tierischen Zelle aufgebaut sein, funktionieren und zusammenarbeiten, damit eine Zelle das Protein EPO (o. ä.) bilden und exportieren kann?“ ...erstellen den Advance Organizer: Benennung der Organellen/Bauteile parallelisierter EM- und Schemadarstellungen.	Konfrontationsphase/Problemfindungsphase Einstieg in das Thema „Die Zelle als proteinsynthetisierende Funktionseinheit: Produktion zu exportierender Proteine durch tierische Zellen“, Motivation und Entwicklung der Problemstellung durch fallbezogene Präsentation z. B. EPO als Dopingmittel im Radsport Verknüpfung mit dem Vorwissen und Herstellen einer Übersichtsstruktur Erkenntnisgewinnungskompetenz, Sachkompetenz	Konfrontationspräsentation 01_Präs_EPO_BPE_1_4 Brainstorming der Vorkenntnisse zu tierischen Zellen mit Mentimeter 02_AB_1_AO_Zellorganellen_BPE_1_4
30	Reflexion der Vorkenntnisse und angestrebten Kompetenzziele	Projektorganisation I Vorstellung der notwendigen Vorstrukt-	03_AB_2_Übersicht_Kompetenz-

	<p>Analyse des Projektauftrages ...folgen dem Vortrag zur Erläuterung der Kompetenzziele und des Projektauftrages und sind in der Lage, diesen in eigenen Worten zu beschreiben. ...reflektieren die Organisationsstruktur des Gruppenpuzzles und ordnen jeder Phase das entsprechende Projektziel und -produkt zu.</p>	<p>ren und der im Verlauf der Unterrichtseinheit angestrebten Kompetenzziele durch die Lehrkraft Vorstellung des Projektauftrages und des zeitlichen Rahmens Vorstellung der Organisation und des Ablaufs des Gruppenpuzzles zur Erarbeitung von Bau und Funktion der an der Proteinbiosynthese (PBS) beteiligten Zellorganellen und in diesem Zusammenhang eines Überblicks über den Weg der PBS</p> <p>Erkenntnisgewinnungskompetenz</p>	<p>ziele_Projektauftrag_AA_BPE_1_4 04_Präs_2_Org_Gruppenpuzzle_BPE_1_4</p>
75	<p>...reflektieren anhand vorgegebener Kriterien und Kompetenzen ihre Stärken Individuelle Förderung: Diagnose</p> <p>...bilden passende Stammgruppen mit sich, in Bezug auf ihre Stärken, gegenseitig ergänzenden Personen. Die Personenzahl der Stammgruppen soll der Zahl der Zellorganellen (6) entsprechen. Bei nicht passender Klassenstärke können in einzelnen Stammgruppen Expertenthemen mit je zwei Personen belegt werden.</p> <p>Der Stammgruppenarbeitsauftrag wird in der Gruppe reflektiert, die entsprechenden Abschnitte des Projekthandbuches werden diskutiert und bearbeitet.</p> <p>...wählen innerhalb der Stammgruppen ihr Expertenthema (Organell/Bauteil).</p>	<p>Projektorganisation II Kompetenzanalyse und Gruppenbildungsphase Kompetenzbereich: Fachbezogene Kommunikation</p> <p>Vorstellung der Methoden des Projektmanagements und des Projekthandbuches</p> <p>Projektzieleplan; Projektregeln und Werte. Projektstrukturplan mit -meilensteinplan, -balkenplan und Personaleinsatzplanung. Festlegung der Aufgaben (Tasks) nach Wunsch: Erstellung eines Taskboards</p> <p>Erstellung des Projektorganigramms</p>	<p>04_Präs_2_Org_Projekt_Gruppenpuzzle</p> <p>05_Datei_Stärkenanalyse_BPE_1_4 06_AA_Stärkenanalyse_BPE_1_4 (alternativ: Meta-Plan-Karten) 07_Projekthandbuch_agiles_Projektmanagement_BPE_1_4 interaktive Whiteboards zur kooperativen Arbeit an gemeinsamen Dokumenten von außerhalb der Schule ein Board pro Gruppe</p>

15	...finden sich in entsprechenden Expertengruppen mit je 3–4 Personen zusammen und klären gemeinsam den Expertengruppenauftrag.	Expertengruppenphase I	03_AB_2_Übersicht_Kompetenzziele_Projektauftrag_AA_ BPE_1_4 und 04_Präs_2_Org_Projekt_Gruppenpuzzle für AA_ Expertengruppen Einrichtung der Gruppenboards pro Expertengruppe 07_Projekthandbuch_ BPE_1_4
45	Individuelles Einlesen: ...verschaffen sich einen Überblick über das vorhandene Informationsmaterial zu ihrem Zellorganell/Bestandteil und notieren wichtige Informationen in ihrer Expertengruppentabelle.	Think/Individualphase Aufbau und Funktion der an der Proteinbiosynthese zu exportierender Proteine beteiligten Zellbestandteile. Welche Bauteile der Organellen/Zellbestandteile erfüllen welche Funktion: übergeordnetes Prinzip: Bau- und Funktionszusammenhang Welche Rolle spielt das Organell/der Zellbestandteil bei der Proteinbiosynthese? Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Infotexte zu den Zellorganellen/Bestandteilen: 08_Info_Zellorganellen_ Bestandteile Literatur Filme, Erklärvideos etc.
90	...zeichnen und beschriften eine schematische Darstellung ihres Organells und erstellen gemeinsam die Bau-Funktionstabelle	Expertengruppe Pairphase gegenseitige Präsentation der gewonnenen Erkenntnisse und offenen Fragen Klärung der Fragen in der Gruppe und mithilfe der Lehrkraft Sach- und Kommunikationskompetenz	
45	...erstellen einen gemeinsamen Text zur Funktion des gewählten Organells/Zellbestandteils bei der Proteinbiosynthese.	Rolle und Funktion des gewählten Zellorganells/-bestandteils im Verlauf der Synthese eines zu exportierenden Proteins. Fertigstellung der Gruppenprodukte Sach- und Kommunikationskompetenz	
90	...verstehen und erklären die Arbeitsergebnisse ihrer Stammgruppenmitglieder aus den anderen Expertengruppen (Präsentation der Expertengrup-	Sharephase Stammgruppen Bau und Funktion aller an der Proteinbiosynthese beteiligten Zellorganellen/-bestandteile sowie deren Rolle bei der Proteinbiosynthese	03_AB_2_Übersicht_Kompetenzziele_Projektauftrag_AA_ BPE_1_4 und

	penergebnisse in den Stammgruppen)	Sach- und Kommunikationskompetenz	04_Präs_2_Org_P projekt_ Gruppen- puzzle für AA_ Stammgruppen
45	...planen unter Einsatz von Projektmanagement-Methoden in ihren Stammgruppen die Erstellung der Projektprodukte.	Kooperative Planungsphase Projektprodukt/Stammgruppen Planung: Bau eines Zellmodells Planung: Formulieren eines Sprechertextes für die Präsentation des Wegs der Proteinbiosynthese in Zusammenarbeit aller relevanter Zellorganellen/-bestandteile Beschreibung und Verteilung der Arbeitspakete Aktualisierung des Zeitplans Sach-, Erkenntnisgewinnungs- und Kommunikationskompetenz	Taskboard, mittels Projektmanagement-Tool oder analog 07_Projekthandbuch_ BPE_1_4 Bastelmaterial
135	...erstellen ihre Zellmodelle und formulieren einen Sprechertext zum Zusammenspiel der Zellbestandteile bei der Synthese eines zu exportierenden Proteins (EPO) für die Präsentation.	Produktstellungsphase/Stammgruppen Sach-, Erkenntnisgewinnungs- und Kommunikationskompetenz	Taskboard (analog oder digital) 07_Projekthandbuch_ BPE_1_4 Bastelmaterial
90	...beschreiben das zentrale Dogma der Molekularbiologie. Sie beschreiben den Weg vom Gen zum exportfertigen Protein und erklären Bau und Funktion der beteiligten Organellen bzw. Zellbestandteile. Die Stammgruppen präsentieren dazu ihre Zellmodelle sowie ihren vorbereiteten Sprechertext.	Präsentationsphase Zentrales Dogma der Molekularbiologie. Ablauf der EPO-Synthese im Überblick. Bau und Funktion der beteiligten Organellen/Zellbestandteile im Zusammenhang Klärung offener Fragen und Verständnisprobleme im Plenum Sach- und Kommunikationskompetenz	erstellte Zellmodelle, Sprechertexte mögliche Methoden/Sozialformen: Plenum Marktplatz/ Kongress, Postersession
90	...reflektieren und bewerten die Präsentationen und Zellmodelle aller Gruppen nach zuvor festgelegten Kriterien.	Reflexionsphase Bewertungskompetenz	Reflexionsbögen
90	...stellen gezielt Fragen zu Wissens- und Verständnislücken. Sie wählen mithilfe der Lernziel- und Kompetenzliste Übungsaufgaben zur Kontrolle und Konsolidierung ihrer Kompetenzen.	Konsolidierungsphase Sach-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz	Lernzielliste (Ich-kann-Liste), Übungsaufgaben evtl. kooperatives online- Whiteboard

3.1.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Die Unterrichtseinheit 1.4 kann als Gruppenpuzzle durchgeführt werden, bietet sich jedoch auch im Zusammenhang mit dem VIP-Bereich für die Durchführung als Projekt an. Hierfür sind in dem Verlaufsplan ergänzende Phasen und Materialien des (agilen) Projektmanagements vorgeschlagen. Diese können übergangen werden, wenn der Unterricht nicht als Projekt durchgeführt wird.

Für die Durchführung als Projekt werden für die Phasen des (agilen) Projektmanagements sechs zusätzliche Stunden aus dem VIP-Bereich entnommen.

Je nach Qualität der Mit- und Zusammenarbeit der Schülerinnen und Schüler kann es auch sinnvoll sein, vor der eigentlichen Arbeit die Arbeitsfähigkeit der Gruppen durch Methoden des „Classroom-Managements“ zu verbessern. Dafür können weitere Stunden aus dem VIP-Pool entnommen werden.

3.1.4 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Vor allem in der Gestaltung der BPE 1.4. in Form eines Projektes oder projektorientierten Unterrichts finden sich viele Möglichkeiten, die Schülerinnen und Schüler mit digitalen Tools vertraut zu machen, die auch in der modernen Arbeitswelt zur Organisation von kooperativen Arbeitsphasen und Projekten verwendet werden.

3.1.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang. Im Lösungsteil sind außerdem teilweise „Hinweise für die Lehrkraft“ und „Ergänzende Hinweise“ vermerkt. Diese beinhalten methodische und organisatorische Tipps und Alternativen zur Umsetzung.

3.2 Genetische Information als Grundlage für biotechnologische Verfahren in der Medizin (BPE 7)

3.2.1 STOFFVERTEILUNGSPLAN – BPE 7

45-MINUTEN-EINHEITEN

NR.	LERNZIELE, TÄTIGKEITEN UND THEMATISCHER UMFANG	VERNETZUNG MIT
	Die Schülerinnen und Schüler...	
1	...beschreiben die Begriffe AIDS und HIV sowie den Überblick der spezifischen Immunantwort. Sie erkennen, dass die Zerstörung der T-Helferzellen zum Fehlen spezifischer Immunglobuline und T-Killerzellen führt und somit eine Immundefizienz die Folge einer HIV-Infektion ist.	
2	...beschreiben den Aufbau eines Retrovirus und den Vermehrungszyklus eines HI-Virus.	
3	...skizzieren den Vermehrungszyklus eines HI-Virus.	
4	...erklären die Funktionen der Genom-Bestandteile eines Retrovirus. Sie beschreiben den Weg vom Gen zum Genprodukt eines Retrovirus und stellen den Zusammenhang zum zentralen Dogma der Molekularbiologie dar.	BPE 1.4: zentrales Dogma der Molekularbiologie
5	...leiten mithilfe des Vorwissens zur PCR und RT-PCR prinzipielle Schritte	BPE 5.8: PCR

	eines PCR-basierten Nachweises viraler RNA in Blutproben ab.	
6–8	...ermitteln prinzipielle Schritte eines ELISAs am Beispiel des Nachweises einer HIV-Infektion.	BPE 3.5: Bau Immunoglobulin G BPE 4: Enzym
9	...stellen Hypothesen möglicher Ansatzpunkte einer HIV-Therapie auf und diskutieren die Möglichkeit einer Impfung gegen HIV nach aktuellem Forschungsstand.	BPE 5.2: Nukleosid
10	...stellen medizinische Anwendungsfelder der Biotechnologie im Überblick dar, z. B. die Entwicklung und Produktion von Impfstoffen, die Entwicklung von Therapeutika (z. B. Insulin, EPO, Wachstumsfaktoren), die Produktion von Diagnostika, die Entwicklung individualisierter Stammzellen und Gewebe sowie die Entwicklung von Verfahren zur genetischen Diagnostik (DNA-Typisierung). Sie leiten aus den Anwendungsbeispielen den Bedarf der heterologen Expression zur Produktion medizinisch bedeutsamer Proteine sowie den Bedarf an verschiedenen Expressionssystemen zur Herstellung funktionaler Proteine ab.	BPE 5.7–5.8: PCR BPE 3.2 + BPE 3.5: Immunglobuline BPE 7.3: Impfstoff BPE 8.3–8.12: Insulin, heterologe Expression

3.2.2 VERLAUFSPLAN DER BPE 7.1 UNTERRICHTSSTUNDEN 1–10

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
	Die Schülerinnen und Schüler...		
15	...leiten anhand des Schicksals von Freddie Mercury und mithilfe der Konfrontationspräsentation ab, dass das HI-Virus das menschliche Immunsystem schwächt, indem es die T-Helferzellen zerstört, da es als Virus eine Wirtszelle benötigt.	Konfrontationsphase Einstieg in das Thema Immundefizienz durch das HI-Virus durch Präsentation Verknüpfen mit Vorwissen Sachkompetenz	Einstieg: Lied Queen z. B. „We are the champions“ 01_Präs_Konfrontation_HIV_AIDS_Immundefizienz_BPE_7_1
30	...entwerfen einen Flyer, in dem sie die Begriffe AIDS und HIV definieren sowie die entstehende Immundefizienz skizzieren.	Erarbeitungsphase Sach-, Kommunikationskompetenz	02_AB_AIDS_HIV_Immundefizienz_BPE_7_1
15	...begutachten die HIV-AIDS-Flyer und wählen die besten drei.	Konsolidierungsphase Bewertungskompetenz	
5	Problemstellung „Ein Virus ist kein Lebewesen. Wie kann er sich trotzdem vermehren?“	Überleitungsphase durch Präsentation	03_Präs_Überleitung_Virenvermehrung_BPE_7_2
25	...beschriften den Bau eines Retrovirus und ordnen Textbausteine dem Vermehrungszyklus eines Retrovirus zu. Lernzielkontrolle im Plenum.	Erarbeitungsphase mit Lernzielkontrolle Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	04_AB_Retrovirus_Vermehrung_BPE_7_2

30	...bilden gleich große Gruppen (2–3 Personen), jeder erhält Modell-Bausteine einer Virenvermehrung. Sie überlegen sich die Funktionen der Bausteine und bringen sie mit anderen in eine sinnvolle Struktur. Sie skizzieren den Vermehrungszyklus eines Retrovirus auf einem DIN-A3-Papier.	Konsolidierungsphase Die Schülerinnen und Schüler sichern das erlernte Wissen zur Virenvermehrung, indem sie die Inhalte mit Fachbegriffen in der Gruppe durchsprechen und darstellen. Kompetenzen: Sachkompetenz, Kommunikationskompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz	04_AB_Retrovirus_Vermehrung_BPE_7_2
15	...präsentieren die Gruppenergebnisse des Strukturlegens.	Konsolidierungsphase Sach-, Kommunikationskompetenz	
45	...leiten aus Bau und Vermehrungszyklus eines Retrovirus die Funktionen der Genprodukte ab und sie stellen den Zusammenhang der Realisation vom Gen zum Genprodukt eines Retrovirus zum zentralen Dogma der Molekularbiologie dar. Lernzielkontrolle im Plenum.	Erarbeitungsphase mit Lernzielkontrolle Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	04_AB_Retrovirus_Vermehrung_BPE_7_2
10	...stellen Hypothesen auf, wodurch man das HI-Virus nachweisen kann.	Konfrontation durch Präsentation Verknüpfung mit Vorwissen zum Bau des Retrovirus Einstieg für Diagnosemethoden: PCR und ELISA	05_Präs_Konfrontation_Diagnostik_PCR_ELISA_BPE_7_3
35	...ermitteln ein Fließdiagramm der prinzipiellen Schritte einer RT-PCR, indem sie das Wissen zur PCR wiederholen und mit dem Wissen zur reversen Transkriptase zusammenbringen. Lernzielkontrolle im Plenum	Erarbeitungsphase des Nachweises von HIV per PCR mit Lernzielkontrolle Kompetenzen: Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz	06_AB_Diagnostik_Therapie_von HIV_BPE_7_3
5	...werden vom Nachweis der viralen RNA auf den Nachweis der Immunglobuline einer HIV-Infektion hingeleitet.	Überleitungsphase durch Präsentation zu Diagnosemethode ELISA	05_Konfrontation_DiagnostikPCR_ELISA_BPE_7_3
30	...ermitteln mithilfe von Modellbausteinen eine Möglichkeit, das HI-Virus immunologisch nachzu-	Erarbeitungsphase Nachweis per ELISA	06_AB_Diagnostik_Therapie_von HIV_BPE_7_3

	weisen. Sie erhalten Hilfestellungen zur Antikörperbindung und zu enzymgekoppelten Antikörpern und zusätzlich binnendifferenzierte Hilfen.	Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikationskompetenz	
15	Die Gruppen präsentieren ihr Ergebnis.	Erarbeitungsphase Sach-, Erkenntnisgewinnungs- und Kommunikationskompetenz	
20	Im Schüler-Lehrer-Gespräch wird die Methode ELISA besprochen und gesichert.	Erarbeitungs- und Konsolidierungsphase Nachweis per ELISA	06_AB_Diagnostik_Therapie_von HIV_BPE_7_3
45	...planen und drehen ein Erklärvideo zum ELISA-basierten HIV-Nachweis.	Konsolidierungsphase Sachkompetenz	
20	...präsentieren ihr Video und bewerten begründet die anderen Gruppenergebnisse.	Sach-, Erkenntnisgewinnungs- und Kommunikations-, Bewertungskompetenz	
5	...leiten anhand des Beispiels von Charlie Sheen ab, dass es eine HIV-Therapie geben muss.	Konfrontationsphase durch Präsentation Einstieg in das Thema HI-Therapie	07_Präs_Konfrontation_HIV_Therapie_BPE__7_3
40	...stellen anhand der Modellabbildung des Vermehrungszyklus eines Retrovirus Hypothesen für mögliche Ansatzpunkte einer HIV-Therapie auf. Im Schüler-Lehrer-Gespräch werden echte Ansatzstellen besprochen und gesichert.	Erarbeitungsphase mit Lernzielkontrolle Verknüpfen mit Vorwissen Kompetenzen: Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz	06_AB_Diagnostik_Therapie_von HIV_BPE_7_3
45	...erhalten Kärtchen des Advance Organizers. Im Schüler-Lehrer-Gespräch werden Beispiele Zielsetzungen medizinischer Anwendungsfelder der Biotechnologie besprochen und gemeinsam ein Advance Organizer erarbeitet, aus dem die Notwendigkeit der heterologen Expression und das Prinzip einer molekularen Klonierung hervorgehen.	Erarbeitungsphase Erkenntnisgewinnungskompetenz, Vernetzung	08_Präs_AdvanceOrganizer_BPE_7_4 08_AdvanceOrganizer_zum Drucken_BPE_7_4

3.2.3 FACHLICHE HINWEISE

In dieser Bildungsplaneinheit wird eine Immundefizienz in Folge einer HIV-Infektion bearbeitet. Wichtig zu beachten ist, dass lediglich der Überblick der humoralen und zellulären spezifischen Immunantwort mit der zentralen Rolle der T-Helferzellen hier behandelt wird. Das Reproduzieren des Ablaufs der spezifischen Immunantwort ist nicht Lernziel der Bildungsplaneinheit. Diese Inhalte sind nun Teil des Bildungsplans Sondergebiete der Biowissenschaften.

Beim Bau des Retrovirus wurden die Glykoproteine GP120 und GP41 erwähnt; das ist kein Abiturwissen, stellt aber die Komplexität der Oberflächenproteine dar. Auch die Matrix ist kein verbindliches Wissen. Die Bestandteile Psi und LTR sowie deren Funktionen wurden bereits auf dem Arbeitsblatt vorgegeben. Die Lehrkraft sollte auf die nächste Bildungsplaneinheit verweisen.

3.2.4 DIDAKTISCHE HINWEISE

Das Thema Viren und AIDS ist aus der Mittelstufe bekannt, wichtig ist deshalb, einen Übergang zu ermöglichen und bekanntes Wissen mit neuem zu verknüpfen. In den Konfrontationsphasen wird über die Problemfindung und Hypothesenbildung bekanntes Wissen reaktiviert. Dazu bietet sich in dieser Bildungsplanarbeit besonders ein Advance Organizer im Voraus (in advance) an. Die Lehrkraft gibt visuelle Lern- und Orientierungshilfen, die neue Lerninhalte gedanklich strukturieren (to organize) und mit (Vor-)Wissen und Kompetenzen verknüpfen. Außerdem bietet es sich für die Bildungsplaneinheit 7.4 an, den Inhalt in Form eines Advance Organizers zu erarbeiten. Er kann im Klassenzimmer visualisiert und während der gesamten Bildungsplaneinheit 8 kann darauf hingewiesen werden.

Mit diesen Lernlandkarten zu arbeiten, ist eine gewinnbringende Methode, da die Hirnforschung davon ausgeht, dass das menschliche Gehirn sein Wissen in Mustern als Abbild der Wirklichkeit organisiert. Um neue Informationen in vorhandene Strukturen einordnen zu können, fertigt das Gehirn „kognitive Lernlandkarten“ an. Daher ist es sinnvoll, zu Beginn der Lernprozesse sogenannte mentale Karten zu bilden und darin geeignete Pfade anzulegen. Bei den Schülerinnen und Schülern werden so im Vorfeld Vorwissen mobilisiert und relevante Schemata im Langzeitgedächtnis aktiviert.

Auf der Grundlage dieser Überlegungen präsentiert der Advance Organizer in kompakter, übersichtlicher und verständlicher Form die wesentlichen neuen Inhalte und Zusammenhänge z. B. einer Unterrichtseinheit, sodass die Schülerinnen und Schüler bereits vor der Erarbeitung des Stoffs einen ersten Überblick über die Struktur und die verschiedenen Inhalte des Themas bekommen. Durch das Zusammenfügen von Begriffen, Bildern, kurzen Texten, Grafiken usw. entsteht eine Art Lernlandkarte. Dies geschieht in dem Wissen, dass die Schülerinnen und Schüler zu diesem Zeitpunkt die Einzelheiten noch nicht verstehen können. Bei der Erläuterung der Visualisierung geht es zunächst darum, Neues mit Bekanntem zu verknüpfen sowie Sinnzusammenhänge und Vernetzungen der neuen Lerninhalte herzustellen. Gleichzeitig wird den Schülerinnen und Schülern ausreichend Möglichkeit gegeben, den Advance Organizer mit ihren individuellen Vorkenntnissen zu ergänzen.

Während der Themenerarbeitung können Erkenntnisse und Ergebnisse in den Advance Organizer eingefügt werden, sodass der Organizer auch nach (post) der Lernsequenz als ergebnissichernder Post Organizer z. B. bei Wiederholungsphasen Anwendung findet.

In diesem Sinne ermöglicht der Advance Organizer u. a.

- Ziel- und Verfahrenstransparenz
- fokussierte Aufmerksamkeit mit erhöhter Schüleraktivierung und Motivation
- Planungs- und Mitgestaltungsmöglichkeiten
- Planungssicherheit und Klarheit
- langfristiges Behalten durch Anbahnung von eigenständigem Lernen
- eine Hilfestellung nicht nur für eher schwächere und zurückhaltende Schülerinnen und Schüler

(Link: vgl. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_gewi/religion-ev/gym/bp2004/fb1/1_organizer/)

3.2.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang.

3.2.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Learning App passend zur BPE 7: <https://learningapps.org/14024205>

<https://www.aidshilfe.de/>, <https://www.porst-hamburg.de/spezielle-andrologie/hiv-aids.html>

Informationen zu HIV-Tests findet man unter: <https://www.aidshilfe.de/hiv-tests-ueberblick#das-wichtigste-in-k-rze>,

<https://www.hivleitfaden.de/cms/index.asp?inst=HIVLEITFADEN&snr=2199&t=HIV%2DTests>

Passende Übungsaufgaben zur Therapie und Diagnose des HI-Virus findet man in einem gängigen Schulbuch.

Ein Video zur HIV-Vermehrung und Therapie findet man unter:

<https://www.youtube.com/watch?v=wkIN-cTXbm4>

3.3 Entstehung, Vererbung, Nachweis und Therapie von Mutationen im menschlichen Genom (BPE 10)

3.3.1 STOFFVERTEILUNGSPLAN – BPE 10

90-MINUTEN-EINHEITEN

Für die Bearbeitung der BPE 10.10 als digitale Timeline (siehe 3.3.5) werden der BPE 10 zehn zusätzliche Unterrichtsstunden aus dem VIP-Bereich zugeordnet.

NR.	LERNZIELE, TÄTIGKEITEN UND THEMATISCHER UMFANG	VERNETZUNG MIT
	Die Schülerinnen und Schüler...	
1	...stellen prinzipielle Folgen von Mutationen dar und erläutern deren biologische Bedeutung. Sie geben Ursachen für die Entstehung von Mutationen an.	BPE 5.2 Aufbau der DNA, BPE 5.5 Replikation, BPE 8.1 Genexpression bei Eukaryoten, Meiose
2	...nennen die verschiedenen Arten der Genmutationen und erläutern Auswirkungen von Mutationen in codierenden und regulatorischen Bereichen von Genen (Promotor, Operator, Enhancer) an den Beispielen Sichelzellanämie, Mukoviszidose und Chorea Huntington.	BPE 11 Krebs, BPE 8 Regulation der Genexpression
3	...beschreiben verschiedene Formen der Chromosomenmutationen (Translokation, Deletion, Insertion, Duplikation, Inversion) sowie deren mögliche Auswirkungen auf die Gendosis an den Beispielen Katzenschreisyndrom und chronische myeloische Leukämie (CML).	BPE 5.3 Gestalt von Chromosomen BPE 11 Krebs
4	...beschreiben verschiedene Arten der Genommutationen (Euploidien, Aneuploidien). Sie beschreiben deren mögliche Auswirkungen am Beispiel des Down- und des Turner-Syndroms. Sie vergleichen Mutationen hinsichtlich ihrer Vererbbarkeit (somatische Mutationen und Keimbahnmutationen).	BPE 9.1 Meiose BPE 11.1 Krebs
5	...beschreiben die Grundlagen der Vererbung. Sie beschreiben mögliche Kombinationen der Gameten und die Wahrscheinlichkeiten, mit der bestimmte Merkmale in der Filialgeneration auftreten (Mendelsche Regeln). Die Schülerinnen und Schüler stellen die Vererbung bestimmter Merkmale in Form von Stammbäumen dar.	BPE 9.1 Meiose; Zusammenhang Gen – Merkmal
6	...analysieren die Vererbung monogenetisch bedingter Erbkrankheiten des Menschen anhand entsprechender Stammbäume. Sie unterscheiden dominante von rezessiven und autosomale von X-chromosomalen Erbgängen. Sie geben mögliche Genotypen der Individuen eines Stammbaums an.	BPE 9.1 Meiose; Zusammenhang Gen – Merkmal
7	...ermitteln Wahrscheinlichkeiten für Geno- und Phänotypen hypothetischer Nachkommen mithilfe von Kreuzungsschemata. Sie analysieren monogenetisch bedingte Krankheiten anhand von Stammbäumen und ergänzenden molekulargenetischen Daten (PCR-Analysen).	BPE 5.8 PCR
8	...nennen verschiedene molekulargenetische Verfahren für die Diagnose von Mutationen und prüfen deren Anwendbarkeit auf den Nachweis unterschiedlicher Mutationsarten (Karyogramm, FISH-Analyse, STR-Analyse, RFLP-Analyse, DNA-Sequenzierung).	BPE 9.1 Meiose; BPE 5.2 Aufbau der DNA; BPE 8.10 Restriktionsenzyme; BPE 8.1 Transkription; BPE 5.8 PCR
9	...analysieren die Genommutation am Beispiel der Trisomie 21. Sie beschreiben den Gendosiseffekt und das Karyogramm als Nachweisverfahren einer Genommutation. Die Schülerinnen und Schüler werten Karyogramme aus.	BPE 9.1 Meiose
10	...analysieren die Chromosomenmutation am Beispiel der chronischen	BPE 5.2 Aufbau der

	myeloischen Leukämie. Sie beschreiben das BCR-ABL-Fusionsprotein als Folge einer reziproken Translokation. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben den prinzipiellen Ablauf einer FISH-Analyse als Nachweisverfahren einer Genom- bzw. Chromosomenmutation.	DNA; BPE 5.3 Gestalt von Chromosomen; BPE 1.1 Fluoreszenzmikroskopie; BPE 11 Krebs
11	...analysieren exemplarisch die Genmutation Chorea Huntington als Beispiel einer Triplet-Expansion und beschreiben die Folgen dieser Mutation. Sie deuten das gendiagnostische Potenzial polymorpher repetitiver Sequenzen und beurteilen PCR-Ergebnisse hinsichtlich des vorliegenden Genotyps.	BPE 8 Proteinbiosynthese; BPE 3 Struktur und Funktion von Proteinen; BPE 5.8 PCR; BPE 12.1 DNA-Gelelektrophorese
12	...interpretieren polymorphe repetitive Sequenzen als Mittel zur DNA-Typisierung und nennen deren Anwendungsgebiete (Forensik, Verwandtschaft von Individuen). Sie erläutern die Methode zur Erstellung individueller DNA-Profile und die Auswertung der zugrunde liegenden Elektropherogramme.	BPE 5.8 PCR; BPE 12.1 DNA-Gelelektrophorese; Vererbung, Meiose, Stammbaumanalyse
13	...analysieren die Sichelzellanämie als Beispiel einer Genmutation an einer Restriktionsstelle und beschreiben die Folgen der Mutation. Sie deuten das gendiagnostische Potenzial von Restriktionsenzymen. Sie skizzieren und erläutern den Ablauf einer RFLP-Analyse. Die Schülerinnen und Schüler werten Elektropherogramme einer RFLP-Analyse aus und leiten ausgehend von einem RFLP zu erwartende Elektropherogramme ab.	BPE 8.10 Restriktionsenzyme; BPE 12.1 DNA-Gelelektrophorese
14	...analysieren die cystische Fibrose als Beispiel einer Punktmutation und beschreiben deren Folgen auf das codierende Protein. Sie deuten die DNA-Sequenzierung als gendiagnostische Methode, erklären das Kettenabbruch-Prinzip und werten Ergebnisse von Sequenzanalysen aus.	BPE 8.1 Transkription; BPE 5.8 PCR; BPE 5.2 Aufbau der DNA
15	...beschreiben das Prinzip der Gentherapie. Sie unterscheiden dabei zwischen dem in-vivo- und ex-vivo-Verfahren. Sie beschreiben die Herstellung retroviraler Vektoren, die in der Gentherapie eingesetzt werden können.	BPE 7.2 Retroviren
16 - 21	...stellen das CRISPR/Cas-System als molekularbiologische Methode zum gezielten Schneiden und Verändern von DNA dar. Sie charakterisieren die CRISPR-spezifischen Genabschnitte repeats, spacer und Cas-Proteine. Sie nennen den vollständigen Namen der CRISPR-Sequenz und seine deutsche Übersetzung. Sie erklären den lytischen Zyklus der Phagenvermehrung als Ausgangspunkt der Abwehrreaktion durch CRISPR/Cas in Bakterien. Sie erklären die Adaptations-, Bearbeitungs- und Interferenzphase des Abwehrmechanismus der Bakterien gegen Phageninfektionen mithilfe des CRISPR/Cas-Systems. Sie beschreiben, wie das Schneiden von DNA mit CRISPR/Cas9 im Labor funktioniert. Sie lokalisieren die Stelle des Doppelstrangbruchs in einer DNA-Sequenz mithilfe der PAM-Sequenz. Sie diskutieren Chancen und Risiken der Genomeditierung für einen Anwendungsbereich. Sie stellen die Inhalte, die sie zum Thema „CRISPR/Cas“ erarbeitet haben, zusammenfassend dar.	BPE 1.3 Bakteriophagen BPE 5.2 Aufbau der DNA

3.3.2 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 10.4; UNTERRICHTSSTUNDE 8 (SIEHE 3.3.1)

DAUER MIN	LERNZIELE ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
	Die Schülerinnen und Schüler...		
5	...stellen sich die Frage, wie genetisch bedingte Krankheiten diagnostiziert werden können.	<p>Konfrontationsphase</p> <p>Einstieg: Film: Neugeborenen Screening – Mukoviszidose</p> <p>Mukoviszidose kann mithilfe eines Gentests diagnostiziert werden. Je früher die Diagnose gestellt wird, desto früher können Maßnahmen zur Behandlung der Krankheit eingeleitet werden. Und je früher diese beginnen, desto höher ist die Lebenserwartung des Patienten. Dies trifft auch auf viele andere genetisch bedingte Krankheiten zu. Welche Diagnosemöglichkeiten können aus den verschiedenen Mutationsarten abgeleitet werden?</p> <p>Erkenntnisgewinnungskompetenz</p>	<p>YouTube-Video: 01_Info_Einstieg_YouTu-be_Video_Mutationen_BPE_10_4.docx (https://www.youtube.com/watch?v=CZ_PfoMAP3Y)</p>
20	...leiten Mutationsarten ab.	<p>Erarbeitungsphase</p> <p>Anhand aussagekräftiger Bilder/Videos/Audios nennen die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Mutationsarten, z. B. Bild einer Person mit Trisomie 21 → Genommutation; Tonaufnahme des Schreis eines Kindes mit Katzenschreisyndrom → Chromosomenmutation</p> <p>Die Bilder werden in einer PowerPoint-Präsentation gezeigt. Die Mutationsarten werden auf einer PowerPoint-Folie in Form eines Advance Organizers eingeblendet.</p> <p>Sachkompetenz</p>	<p>PowerPoint-Präsentation: 02_Präs_Advance_Organizer_Diagnose_Mutationen_BPE_10_4</p>
45	...leiten von aussagekräftigen Bildern/Videos/Audios Möglichkeiten der Diagnose verschiedener Mutationsarten ab.	<p>Erarbeitungsphase</p> <p>Z. B: Bild der Metaphase einer Mitose → Metaphasenchromosomen können geordnet werden → überprüfen, ob das</p>	<p>PowerPoint-Folie: 02_Präs_Advance_Organizer_Diagnose_Mutationen_</p>

		Chromosom 21 dreimal vorliegt (Karyogramm); Bild einer FISH-Analyse mit fluoreszierenden Chromosomen zeigen → Chromosomen können spezifisch angefärbt werden. Drei statt zwei Fluoreszenzsignale → ein Chromosom liegt dreimal vor: Trisomie (FISH-Analyse) Die Bilder zur Herleitung der Diagnosemethoden werden in einer PowerPoint-Präsentation gezeigt. Die Diagnosemethoden werden auf dem Advance Organizer Schritt für Schritt eingeblendet. Ergebnissicherung Advance Organizer Ausgabe Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	BPE_10_4 03_Sicherung_Advance_Organizer_Diagnose_Mutationen_ BPE_10_4
20	...begründen für verschiedene Erbkrankheiten den Einsatz einer bestimmten Diagnosemethode.	Lernzielkontrolle Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten das Arbeitsblatt „Diagnose von Mutationen“ Besprechung des Arbeitsblattes „Diagnose von Mutationen“ Sachkompetenz	Arbeitsblatt: 04_AB_Lernzielkontrolle_Diagnose-Mutationen_ BPE_10_4

3.3.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Hinweise zur Lern- und Orientierungshilfe „Advance Organizer“ siehe 3.2.4.

In der Präsentation zur Erarbeitung des Advance Organizer (02_Präs_Advance_Organizer_Diagnose_Mutationen_BPE_10_4) werden genetisch bedingte Krankheiten als Beispiele verwendet, die im weiteren Verlauf des Bildungsplans in der linken Spalte als verpflichtende Inhalte genannt werden (Trisomie 21 → BPE 10.5, Chorea Huntington → BPE 10.6, Sichelzellanämie → BPE 10.8). Außerdem wird das Katzenschreisyndrom als Beispiel für eine Chromosomenmutation herangezogen. Das Katzenschreisyndrom ist in BPE 10.2 lediglich in der rechten Spalte als Hinweis angegeben. Diese Krankheiten sollten bereits bei der Besprechung der BPE 10.2 thematisiert werden, damit die Schülerinnen und Schüler die gezeigten Bilder mit der entsprechenden Mutationsart assoziieren.

3.3.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang.

3.3.5 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 10.10; UNTERRICHTSSTD. 15–17 (SIEHE 3.3.1)

DAUER MIN	LERNZIELE ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
	Die Schülerinnen und Schüler...		
5	...stellen sich die Fragen, wie eine genetisch bedingte Krankheit mithilfe einer Gentherapie behandelt werden kann.	Konfrontationsphase Einstieg: Film: „Teure Gentherapie“. Genetische bedingte Krankheiten wie Lipoproteinlipase-Defizienz (LPLD) können mithilfe einer Gentherapie geheilt werden. Wie kann das defekte Gen, das für die Krankheit LPLD verantwortlich ist, repariert werden? Erkenntnisgewinnungskompetenz	Film: https://www.3sat.de/wissen/nano/teure-gentherapie-100.html?mode=play&obj=70128 (3sat-Mediathek – Wissen – nano) verfügbar bis 17.11.2022
85	...beschreiben das Prinzip einer ex-vivo- und in-vivo- Gentherapie. Sie unterscheiden dabei zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie.	Erarbeitungsphase Arbeitsblatt „Gentherapie“, anschließend Besprechung Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Arbeitsblatt: 01_AB_Gentherapie_ BPE_10_10
10	...erkennen, dass Retroviren, die für die Gentherapie eingesetzt werden, verändert werden müssen, damit sie keine Krankheiten mehr auslösen können.	Konfrontationsphase Einstieg: Präsentation, in der HI-Viren zu sehen sind. HI-Viren können zum einen die Krankheit AIDS auslösen, zum anderen können Retroviren für die Gentherapie eingesetzt werden. Wie müssen Retroviren, wie das HI-Virus, verändert werden, damit sie nicht mehr pathogen sind und damit für die Gentherapie eingesetzt werden können? Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Präsentation: 02_Präs_Einstieg_retroviraler_Vektor_ BPE_10_10
35	...erklären die Herstellung retroviraler Vektoren.	Erarbeitungsphase Arbeitsblatt „Retrovirale Vektoren“, anschließend Besprechung Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Arbeitsblatt: 03_AB_retrovirale_Vektoren_ BPE_10_10.docx

10	...stellen sich die Frage, wie die Genschere CRISPR/Cas funktioniert.	Konfrontationsphase Film: Kann CRISPR/Cas9 Leben retten? Es besteht die Hoffnung, dass die Krankheit Duchenne Muskeldystrophie durch Gentherapie mithilfe der Genschere CRISPR/Cas geheilt werden kann. Wie funktioniert CRISPR/Cas? Wie wurde diese Genschere entdeckt? Welche Anwendungsmöglichkeiten gibt es? Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Video: https://www.swr.de/wis-sen/odysso/aexavart-icle-swr-78896.html
35	...charakterisieren die CRISPR-spezifischen Genabschnitte repeats, spacer und Cas-Proteine und stellen diese schematisch dar.	Erarbeitungsphase Die Schülerinnen und Schüler informieren sich mithilfe einer interaktiven Timeline über die wichtigsten Komponenten und die Funktionsweise von CRISPR/Cas. Sie vollziehen die Entdeckungen der CRISPR-Forschung in mehreren Stationen nach. 1. Station der Timeline: Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten die Aufgaben mithilfe von Informationstexten und interaktiven Grafiken. Sie erstellen eine Zusammenfassung der Informationen. Sicherungsphase Die Lösungen der Aufgaben werden gemeinsam besprochen oder den Schülerinnen und Schülern zur selbstständigen Korrektur ihrer Ergebnisse zur Verfügung gestellt. Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	Anleitung für die Timeline, Aufgaben der Stationen: 04_Anleitung_Stationen_Timeline_CRISPR_Cas_BPE_10_10.docx PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusbox.de/elementor-308/ (Passwort: BasfTuk)
20	...nennen den vollständigen Namen der CRISPR-Sequenz und seine deutsche Übersetzung.	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 2. Station der Timeline Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusbox.de/crispr-hat-einen-namen/
25	...erklären den lytischen Zyklus der Phagenvermehrung als Ausgangspunkt der Abwehrreaktion	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 3. Station der Timeline	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusbox.de/crispr-hat-einen-namen/

	durch CRISPR/Cas in Bakterien.	Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	x.de/spacer-sequenzen-stammen-aus-viren/
20	...erklären die Adaptations-, Bearbeitungs- und Interferenzphase des Abwehrmechanismus der Bakterien gegen Phageninfektionen mithilfe des CRISPR/Cas-Systems. Sie stellen diesen Abwehrmechanismus in einer beschrifteten Übersichtszeichnung dar.	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 4. Station der Timeline Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusboox.de/crispr-cas-als-adaptives-immunsystem/
25	...beschreiben, wie das Schneiden von DNA mit CRISPR/Cas9 im Labor funktioniert. Sie lokalisieren die Stelle des Doppelstrangbruchs in einer DNA-Sequenz mithilfe der PAM-Sequenz.	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 5. Station der Timeline Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusboox.de/crispr-cas9-wird-zum-ziel-geleitet/
25	...diskutieren Chancen und Risiken der Genomeditierung für einen Anwendungsbereich.	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 6. Station der Timeline Sach-, Kommunikationskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusboox.de/crispr-cas9-revolutioniert-die-wissenschaft/
20	...stellen eine Vermutung der zu erwartenden Versuchsergebnisse der Blau-Weiß-Selektion und Gelelektrophorese mithilfe der gegebenen Versuchübersicht auf und dokumentieren diese.	Erarbeitungsphase und Sicherungsphase der 7. Station der Timeline Sach-, Erkenntnisgewinnungskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone https://cloudplusboox.de/crispr-cas9-im-basf-teens-lab/
135	...stellen die Inhalte, die sie zum Thema „CRISPR/Cas“ erarbeitet haben, zusammenfassend dar.	Strukturierung der Inhalte eines Themenbereichs des Vorbereitungsmaterials zur Visualisierung in einem Erklärvideo	PC, Tablet oder Smartphone App zum Erstellen eines Erklärvideos (z. B. Explain Everything)
90	...präsentieren ihre Erklärvideos.	Präsentation des Erklärvideos Kommunikationskompetenz	PC, Tablet oder Smartphone Beamer

3.3.6 FACHLICHE HINWEISE

Im Arbeitsblatt „Retrovirale Vektoren“ (04_AB_retrovirale_Vektoren_BPE_10_10) wird nicht nur auf den Aufbau retroviraler Vektoren eingegangen, sondern auch auf deren Herstellung. Die Zusammenhänge der Herstellung retroviraler Vektoren sind zwar nicht Teil des Bildungsplans, fördern bei den Schülerinnen und Schülern jedoch das Verständnis dafür, welche Teile des retroviralen Genoms bei einem retroviralen Vektor entfernt sein müssen und wie es möglich ist, trotzdem Vektoren herzustellen.

3.3.7 DIDAKTISCHE HINWEISE

Das Unterrichtsmaterial dient ursprünglich zur Vorbereitung auf das BASF Teen’s Lab CRISPR/Cas9. Die Inhalte der Station 7 beziehen sich direkt auf dieses Praktikum. Auch wenn nicht die Möglichkeit besteht, die Experimente im Teen’s Lab der BASF durchzuführen, ist es doch sinnvoll, auch diese Station mit den Schülerinnen und Schülern zu bearbeiten, da hier neben den fachlichen Inhalten zu CRISPR/Cas9 auch Inhalte zur Klonierung und DNA-Gelelektrophorese wiederholt werden können. Das Material folgt dem Prinzip des genetischen Lernens, wobei die Schülerinnen und Schüler den Erkenntnisweg der am Forschungsgebiet beteiligten Wissenschaftler nachvollziehen. Die wichtigsten Meilensteine in der Geschichte der CRISPR-Forschung werden dazu anhand einer Timeline strukturiert. Jeder Meilenstein in der Timeline enthält einen Link, welcher zu Informationen und interaktiven Aufgaben sowie einer Abschlussaufgabe zur analogen Bearbeitung führt. Die interaktiven Aufgaben sind dabei nicht im Sinne einer Wissensüberprüfung zu verstehen. Sie sollen die Schülerinnen und Schüler zur Auseinandersetzung mit dem bereitgestellten Material anregen und können daher beliebig oft wiederholt werden. Die Abschlussaufgaben sollten im Anschluss an die Bearbeitung besprochen werden, da diese individuellen Aufzeichnungen der Schülerinnen und Schüler als Sicherung der Unterrichtsinhalte dienen.

Die Erstellung eines Erklärvideos durch die Schülerinnen und Schüler, welches am Ende der Unterrichtseinheit präsentiert wird, ermöglicht die inhaltliche Wiederholung des Themas.

3.3.8 3.3.8 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang.

3.4 Zellulärer Stoffwechsel am Beispiel der aeroben Dissimilation: Zellatmung (BPE 13)

3.4.1 STOFFVERTEILUNGSPLAN – BPE 13

90-MINUTEN-EINHEITEN

NR.	LERNZIELE, TÄTIGKEITEN UND THEMATISCHER UMFANG	VERNETZUNG MIT
	Die Schülerinnen und Schüler...	
1–2	Aerobe Dissimilation – Überblick:	BPE 1 Polymer,

	... nennen Stoffwechselabschnitte der aeroben Dissimilation und beschreiben deren biologische Bedeutung. Sie stellen die Bilanzreaktionsgleichung der aeroben Dissimilation dar.	Monomer, Proteine, Polysaccharide, Lipide
3	Enzymklassen mit Reaktionstypen: ... benennen Enzymklassen, beschreiben deren Wirkungsweise anhand von Beispielen und benennen die entsprechenden Reaktionstypen.	BPE 4 Enzyme, BPE 5 Replikation
4-5	Glykolyse – Überblick: ... stellen die Glykolyse im Überblick dar und leiten aus Reaktionen in Strukturformelschreibweise Reaktionstypen, Enzymklassen, fehlende Metabolite oder Cofaktoren ab. Die Schülerinnen und Schüler fassen die biologische Bedeutung der Glykolyse zusammen.	BPE 1 zelluläre Makromoleküle, Kompartimentierung
6-8	Reaktionen der Glykolyse im Detail: ... nennen wiederkehrende Reaktionsprinzipien des Stoffwechsels und erläutern diese anhand vorliegender Reaktionen der Glykolyse. Sie leiten die Bedeutung dieser Prinzipien ab und wenden sie auch auf unbekannte Reaktionen und -folgen an.	BPE 4 Schlüssel-Schloss-Prinzip, „induced fit“
9-10	Regulation des Stoffwechsels am Beispiel der Phosphofruktokinase: ... begründen am Beispiel der Glykolyse die Notwendigkeit der Regulation von Stoffwechselprozessen. Sie erläutern die Bedeutung eines Schlüsselenzyms bei der Regulation von Reaktionsfolgen am Beispiel der Phosphofruktokinase.	BPE 2 Interpretation von Diagrammen, BPE 4 Einfluss von Effektoren auf Enzymaktivität, BPE 10.3 Grundlagen der Vererbung
11-12	Oxidative Decarboxylierung: ... fassen die Reaktionen der oxidativen Decarboxylierung und ihre biologische Bedeutung zusammen. Sie geben deren Reaktionsgleichung in Strukturformelschreibweise mit Cofaktoren in Kurzschreibweise an.	
13-15	Citratzyklus mit Beispielreaktionen: ... stellen den Citratzyklus im Überblick dar. Sie leiten aus Reaktionen, die in Strukturformelschreibweise vorliegen, fehlende Cofaktoren und Metaboliten, Enzymklassen der beteiligten Enzyme und Reaktionstypen begründet ab. Die Schülerinnen und Schüler erläutern bei vorliegenden Reaktionen des Citratzyklus Prinzipien des Stoffwechsels und stellen dessen Energiebilanz mit ATP und Reduktionsäquivalenten dar. Sie beschreiben die Bedeutung des Citratzyklus und erläutern die Notwendigkeit auffüllender Reaktionen.	BPE 2 Kompartimentierung
16-17	Atmungskette, Elektronentransportkette: ... erläutern die Kompartimentierung des Mitochondriums als Voraussetzung für die Erzeugung von Stoffgradienten und die damit gekoppelte ATP-Synthese. Sie begründen anhand des Redoxpotenzials die Richtung des Elektronentransports bei vorgegebenen Redoxpaaren.	BPE 2 Transport über die Membran BPE 4 Kompartimentierung
18	Chemiosmose zur ATP-Gewinnung: ... erläutern die energetische Kopplung von exergonischem Elektronenfluss mit endergonischem Protonentransport und exergonischem Protonengradienten.	

	ten mit endergonischer ATP-Synthese. Sie erläutern die biologische Bedeutung der Atmungskette und ermitteln die Gesamtreaktionsbilanz der aeroben Dissimilation.	
19	Zusammenfassung und Ringschluss: ... fassen die grundlegenden Prinzipien der Energiegewinnung im Rahmen des Stoffwechsels zusammen und vergleichen sie mit der chemischen Energiegewinnung. Sie setzen die Erkenntnisse in einen globalen Zusammenhang, der Energie- und Stoffkreisläufe beinhaltet.	

3.4.2 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 13.1; UNTERRICHTSSTUNDEN 1–2

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
90	Die Schülerinnen und Schüler ...		
		Problemfindung, Konfrontation Schüler-Lehrer-Gespräch Anhand von Abbildungen von Nahrungsmitteln wird das Thema „abwechslungsreiche und gesunde Ernährung“ thematisiert. Es kann auch auf Aspekte der Herkunft oder Produktion eingegangen werden. Sach- und Bewertungskompetenz (Lebensmittelproduktion)	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 1
	... reaktivieren Kenntnisse zellulärer, energieverbrauchender Prozesse.	Überleitung zum Thema Energie und energieverbrauchende Prozesse sowohl auf makroskopischer als auch zellulärer Ebene. Sachkompetenz	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 2
	... erklären die Dissimilation als Umkehrung der Fotosynthese und nennen die Bilanzgleichung.	Erarbeitung , Schüler-Lehrer-Gespräch In einem größeren Sachzusammenhang (z. B. Umweltthemen) wird auf den Kohlenstoffkreislauf und die Abhängigkeit heterotropher Organismen von den Leistungen der Pflanzen eingegangen. Aktivierung des Vorwissens aus der Mittelstufe zur Fotosynthese. Kommunikationskompetenz (fachbezogen)	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 3 02_AB_C- Abbau_ BPE_13_1; AA 1 & 2
	... reaktivieren ihre Kenntnisse zu Makromolekülen und deren Bausteinen.	Erarbeitung 2 , Schüler-Lehrer-Gespräch ... zurück zum Einstieg, jetzt aber auf molekularer Ebene.	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 4

		Kommunikationskompetenz (fachbezogen)	
		Lehrervortrag Erläuterung zu den gemeinsamen Abbauwegen der Kohlenstoffgerüste der unterschiedlichen Bausteine der Makromoleküle zum Zweck der Energiegewinnung.	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 5 & 6
	... beschreiben ATP als Energiespeicher.	Schüler-Lehrer-Gespräch ATP als Energiespeicher der Zelle mit Beschreibung unterschiedlicher Bindungsverhältnisse Erkenntnisgewinnungs-, Bewertungskompetenz	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 7 & 8
90			
	... erklären das Prinzip der Energiekopplung.	Lehrervortrag Prinzip der Energiekopplung mit ATP als Energieüberträger	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 9
	... kennen Namen und Orte der 4 Abschnitte des zentralen Kohlenstoffabbauweges.	Lehrervortrag 4 Abschnitte des zentralen Abbauweges Fixierung auf Arbeitsblatt	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 10 02_AB_C- Abbau_ BPE_13_1; AA 3
	... finden sich auf einer komplexen, unbekanntem Internetseite zu Recht und beschaffen Informationen.	Einzel-, dann Partnerarbeit Die Stoffwechselvorgänge sind überaus komplex, auch dafür soll Bewusstsein geschaffen werden. Benennung der jeweiligen Ausgangsstoffe der Glykolyse, der oxidativen Decarboxylierung und des Citratzyklus Hilfestellung: z. B. Citratzyklus als kreisförmiger, zentraler Stoffwechselweg Kompetenz: Digitale Literacy	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 11 02_AB_C- Abbau_ BPE_13_1; AA 4-5
		Falls Zeit bleibt: Zum Schluss noch ein kleiner Ausblick auf die Details der Glykolyse.	01_Präs_C- Abbau_ BPE_13_1; Abb. 12 & 13

3.4.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Je nach Vorwissen der Schülerinnen und Schüler kann es sinnvoll sein, für die unterschiedlichen Bindungstypen, die in ATP vorliegen, etwas mehr Zeit einzuplanen und deren Herleitung an einfachen Beispielen aufzuzeigen.

Um die Schülerinnen und Schüler nicht mit chemischen Reaktionen und Formeln zu überfordern, soll in der BPE 13.1 nicht im Detail auf die Redoxreaktion mit NAD⁺ als Elektronenakzeptor eingegangen werden. Stattdessen soll es bei einer vereinfachten Beschreibung der Energieform z. B. als „Batterie“ belassen werden.

Hilfestellungen in Form von QR-Codes ermöglichen abgestufte Unterstützungen für Schülerinnen und Schüler. Hier ist besonders hilfreich, dass die Hilfestellung auf dem Aufgabenblatt nicht im Klartext erscheint, sondern ein entsprechendes Lesegerät erfordert. Die Hemmschwelle, eine solche Hilfestellung zu nutzen, liegt höher, als in einem Klartext nachzuschauen. Damit soll eine höhere Anstrengung der Lernenden erzielt werden.

3.4.4 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Insgesamt ist die Bildungsplaneinheit 13 eher für einen fragend-entwickelnden Unterrichtsstil geeignet, insbesondere, da nicht davon auszugehen ist, dass alle Schülerinnen und Schüler die notwendigen Voraussetzungen für das Verständnis aus der Chemie mitbringen bzw. die Schülergruppe bezüglich ihrer chemischen Vorbildung als heterogen anzusehen ist. Eine engere Führung der Schülerinnen und Schüler ist daher sinnvoll und kann durch einen Unterrichtsgang, der eine Präsentation als „Roten Faden“ hat, einfacher gewährleistet werden.

3.4.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang. Im Lösungsteil sind außerdem teilweise „Hinweise für die Lehrkraft“ und „Ergänzende Hinweise“ vermerkt. Diese beinhalten methodische und organisatorische Tipps und Alternativen zur Umsetzung.

3.4.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Quellen zur Thematik Stoffwechsel erhalten Sie:

- Stryer Biochemie, J. M. Berg, J. L. Tymoczko et. al.; Springer Verlag, Berlin 2018
- Lehninger Principles of Biochemistry, D. Nelson und M. Cox, Macmillan Education, 2017
- Löffler/Petrides Biochemie und Pathobiochemie, Heinrich, Müller und Graeve (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin 2014
- Biochemistry, R. H. Garrett und C. M. Grisham, Cengage Learning, Boston 2017
- Biochemie. Das Basislehrbuch, H. R. Horton, L. A. Moran et. al. Pearson Studium, München 2008
- Molecular Biology of the Cell, B. Alberts, A. Johnson et. al., Garland Publishing Inc., 2014
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

3.4.7 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 13.2; UNTERRICHTSSTUNDE 3

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
90	Die Schülerinnen und Schüler ...		
	...reaktivieren ihre Enzym-Kenntnisse (speziell Substrat- und Wirkungsspezifität).	Problemfindung, Konfrontation Einstieg über Anknüpfung an vorangegangene Stunden zum Thema Stoffwechsel. In lebenden Organismen laufen permanent chemische Reaktionen ab, die spontan nicht ablaufen würden. Wie kann das passieren??	Brainstorming: Sammlung der Beiträge an der Tafel
	...schlagen in der Datenbank die unterschiedlichen Enzymklassen nach (englischsprachig).	Erarbeitung 1 Zur besseren Übersicht wurden die Enzyme in unterschiedliche Enzymklassen kategorisiert. Ein Überblick über alle Enzyme findet man in der Enzymdatenbank BRENDA. Sachkompetenz, fächerübergreifende Sprachkompetenz	Digitales Medium: https://www.brenda-enzyme-mes.org/ecexplorer.php?browser=1
	... kennen die Enzymklassen 1 bis 6 und deren Definition.	Think-Pair-Share Mediation der Definitionen der 6 Enzymklassen aus dem Englischen und Abgleich. Kompetenzbereich: Fachkommunikation	01_AB_ Enzymklassen_ BPE_13_2; AA 1 & 2
	... ordnen die Enzymklassen abstrakten Darstellungen zu.	Kontrolle: Individualphase Anwendung der Definitionen auf modellhafte Darstellung Erkenntnisgewinnung	01_AB_ Enzymklassen_ BPE_13_2; AA 3
	...ermitteln anhand konkreter chemischer Reaktionen in Strukturformelschreibweise den jeweiligen Reaktionstyp und ordnen die entsprechende Enzymklasse zu.	Erarbeitung 2 und Kontrolle Einzel- oder Partnerarbeit Dazu müssen zunächst die chemischen Reaktionen erfasst und beschrieben werden, um dann die Definitionen für die Enzymklassen anzuwenden. Die Verwendung der LearningApp erlaubt eine direkte Rückmeldung zur erfolgten Zuordnung und bietet die Möglichkeit der Nachbesserung und auch der eigenständigen Übung. Erkenntnisgewinnung (Erweiterung der Analysefähigkeit), fachbezogene Kommunikation.	01_AB_ Enzymklassen_ BPE_13_2; AA 4

	... ergänzen im Arbeitsblatt konkrete chemische Reaktionen.	Fixierung der richtigen Zuordnung der Enzymklasse zu chemischer Reaktion. Sach- und Kommunikationskompetenz (Umgang mit der Strukturformelschreibweise)	01_AB_Enzymklassen_ BPE_13_2; AA 5
--	---	--	--

3.4.8 DIDAKTISCHE HINWEISE

In einem Arbeitsauftrag werden zunächst komplexe Vorgänge mit modellhaften Abbildungen korreliert. Dies trainiert das Abstraktionsvermögen der Schülerinnen und Schüler. Diese Fähigkeit ist ein wesentlicher Bestandteil der Kommunikations- und Erkenntnisgewinnungskompetenz, da solche modellhaften Darstellungen eine Reduktion des jeweiligen Sachverhaltes auf das Wesentliche voraussetzen.

3.4.9 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

In der BPE 13.2 werden naturwissenschaftliche Inhalte teilweise in englischer Sprache vermittelt, indem Fachwissen auf einer englischsprachigen Web-Seite abgerufen wird. Diese fächerverbindende Vorgehensweise macht die Bedeutsamkeit dieser Fremdsprache deutlich und fördert die Vernetzung von Sach- und Sprachkenntnissen.

Für die eher schwierige Zuordnungsaufgabe (Enzymklasse mit chemischer Reaktion in Strukturformelschreibweise) wurde eine digitale App gewählt. Diese bietet den Schülerinnen und Schülern einerseits die Möglichkeit, im eigenen Tempo zu arbeiten, andererseits erhält jeder unmittelbar eine Rückmeldung zur Richtigkeit der Zuordnung.

3.4.10 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Die PowerPoint-Präsentation 02_Präs_Enzymklassen_BPE_13_2 enthält die Abbildungen aus dem Arbeitsblatt und zusätzlich Beispielreaktionen in Summenformelschreibweise. Dies kann genutzt werden, um das AB ggf. nach eigenen Bedürfnissen abzuändern.

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang. Im Lösungsteil sind außerdem teilweise „Hinweise für die Lehrkraft“ und „Ergänzende Hinweise“ vermerkt. Diese beinhalten methodische und organisatorische Tipps und Alternativen zur Umsetzung.

3.4.11 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 13.3–13.4; UNTERRICHTSSTUNDEN 4–8

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
90	Die Schülerinnen und Schüler ...		
	... beschreiben Verbrennung von Zucker als Möglichkeit der (Wärme-)Energiegewinnung.	Einstieg Das Experiment führt direkt zum Thema: Abbau/Oxidation von Glucose.	Demoexperiment: Verbrennung von Zuckerwürfeln; Asche als Kataly-

		Erkenntnisgewinnung (Beobachten), Fachkommunikation (Beschreiben)	sator
	...beschreiben die Bedeutung der Glykolyse.	Schüler-Lehrer-Gespräch Schematischer Überblick der Dissimilation lenkt die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Glykolyse: Kohlenstoffgerüst der Glucose wird gespalten (Abbau) und Energie gewonnen.	01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 1 & 2
		Das Unterrichtsgeschehen wird vom Überblick hin zum Detail geleitet.	
		Problemfindung Glucose ist die einzige Energiequelle der Erythrozyten und die wesentliche Energiequelle der Nervenzellen: Wie kann in den Zellen eine hohe Glucosekonzentration erreicht und damit die Energieversorgung sichergestellt werden?	
	...erläutern die Hexokinase-reaktion als Möglichkeit der Verankerung in der Zelle.	Erarbeitung 1 Die übertragene Phosphorylgruppe ist negativ geladen und verhindert die Passage durch die Zellmembran. Erkenntnisgewinnungskompetenz	01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 3
	... beschreiben die energetische Kopplung als Aktivierung durch Phosphorylierung der Glucose.	Erarbeitung 2 Die Hydrolyse der Anhydridbindung des ATP liefert Energie, die durch den Phosphorylgruppentransfer an Glucose gekoppelt wird. Dies ermöglicht später die Spaltung in zwei C3-Körper. Sachkompetenz	01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 3
	... beurteilen die unterschiedlichen Darstellungsweisen des Proteins Hexokinase und generalisieren dies, indem Sie jeweils Einsatzmöglichkeiten nennen.	Erarbeitung 3 Visualisierung des „induced fit“: vergleichende Betrachtung der Enzymstrukturen der Hexokinase mit (2yhx) und ohne (1hkg) Substrat. Hierbei kann der „induced fit“ gezeigt werden. Es sollte die dreidimensionale Struktur als Ribbon- und als Spacefilling-Struktur genutzt werden. Bewertungskompetenz (Eignung der verschiedenen Darstellungsweisen für unterschiedliche Zwecke)	AA 01_Präs_Glykolys e_BPE_13_3_4; Abb. 4, 01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 5 & 6 digitales Endgerät; aufgerufen 26.07.20 https://www.uniprot.org ; https://proteins.plus/

90			
	... erkennen, dass eine Ringöffnung zur Isomerisierung von Glucose-6-phosphat zu Fructose-6-Phosphat erfolgen muss.	Erarbeitung 1 Isomerisierung von Glucose-6-phosphat zu Fructose-6-phosphat erfordert die Ringöffnung. Molekülbaukasten zur Veranschaulichung Kommunikations- und Erkenntnisgewinnungskompetenz (Moleküle im Modell erstellen)	AA 01_Präs_Glykolyse_ BPE_13_3_4; Abb. 8
	... erläutern das spiegelsymmetrische Molekül Fructose-1,6-bisphosphat als Voraussetzung für die Spaltung in zwei zueinander isomere Moleküle.	Erarbeitung 2 Die Darstellung des Moleküls Fructose-1,6-bisphosphat in der Ringform zeigt die Spiegelbildisomerie. Diese ist die unmittelbare Voraussetzung für die anschließende Spaltung in zwei zueinander isomere Moleküle. Kommunikations- und Erkenntnisgewinnungskompetenz (chemische Strukturformel zeigt Symmetrie)	01_Präs_Glykolyse_ BPE_13_3_4; Abb. 9–11
	...leiten fehlende Metabolite oder Enzyme aus in Teilen dargestellten Reaktionen 1–5 der Glykolyse ab oder erklären die dargestellten Reaktionen bzw. deren Besonderheiten.	in Einzelarbeit, ggf. Hausaufgabe	AA: Ergänzen der Lücken der Schritte 1–5: 02_AB_Glykolyse_zus_ BPE13_3_4
90			
		Anknüpfen an Einzelarbeit, Besprechung evtl. aufgekommener Schwierigkeiten im Plenum Reflexion	
		Problemfindung Schüler-Lehrer-Gespräch: Nur GAP kann weiter verstoffwechselt werden – was geschieht mit der anderen Hälfte der Glucose? Im Gespräch werden die Schülerinnen und Schüler zur Möglichkeit der Umwandlung der zueinander isomeren Moleküle geleitet. Nächstes Problem: Isomerisierung verläuft endergonisch.	

	... beschreiben ihnen bekannte Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Gleichgewichtslage.	Erarbeitung 1 Anhand der Aldolase- und Triosephosphatisomerasereaktionen wird das Thema chemisches Gleichgewicht und Freiwilligkeit chemischer Reaktionen thematisiert. Erkenntnisgewinnungskompetenz	01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 13 & 14
	... beschreiben die Oxidoreduktasereaktion als Elektronenübergangsreaktion.	Erarbeitung 2 Die erste Oxidoreduktasereaktion ermöglicht die Auseinandersetzung mit Elektronenübergangsreaktionen. Sachkompetenz	01_Präs_Glykolys e_ BPE_13_3_4; Abb. 15
		Erarbeitung 3 Unter Verwendung von Auszügen gängiger Chemieschulbücher oder Internet werden Basisinformationen zur Ermittlung der Oxidationszahlen vermittelt, z. B. Oxidationsreihe: Alkohol – Aldehyd – Carbonsäure. Elektronendonator wird oxidiert, Elektronenakzeptor wird reduziert.	Chemiebuch
	... können die Oxidationszahlen von Elementen in Molekülen bestimmen.	Konsolidierung Zur Übung können Aufgaben aus dem Schulbuch oder dem Internet genutzt werden: https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-bildung/ernaehrungslehre/unterrichtsmaterialien/handreichungen/handreichung_ernaehrung_und_chemie/eingangsklasse/lpe7/lpe0707/ aufgerufen 26.07.20 https://quizlet.com/subject/oxidationszahlen/ aufgerufen 26.07.20 Sach-, Kommunikationskompetenz	QR-Code zum 1. Link: 
90			
	... ermitteln die sich ändernden Oxidationszahlen von Glycerinaldehyd-3-phosphat und 3-Phosphoglycerat.	Konsolidierung Anhand des relevanten Anteils der Strukturformel von NAD^+ und $\text{NADH} + \text{H}^+$ wird Elektronenaufnahme gezeigt. Im Gegenzug wird die Oxidation des Al-	Tafel

		<p>dehyds zur Carbonsäure, die intermediär entsteht, belegt.</p> <p>Die Carbonsäure reagiert sofort weiter zum gemischten Anhydrid von Phosphorsäure und Carbonsäure.</p>	
	...leiten fehlende Metabolite oder Enzyme aus in Teilen dargestellten Reaktionen der Glykolyse ab oder erklären die dargestellten Reaktionen bzw. deren Besonderheiten.	<p>Erarbeitung</p> <p>Kleingruppen; ggf. arbeitsteilig</p> <p>Der Überblick zur Glykolyse wird mittels Internetrecherche und Nutzung im Unterricht erworbener Kenntnisse vervollständigt.</p> <p>Sach-, Erkenntnis- und Kommunikationskompetenz</p>	<p>digitales Endgerät</p> <p>02_AB_Glykolyse_zus_BPE13_3_4</p>
 präsentieren ihre Gruppenergebnisse	<p>Die Ergebnisse werden unter Angabe des Weges und der verwendeten Quellen präsentiert.</p> <p>Kommunikations-, Bewertungskompetenz</p>	<p>02_AB_Glykolyse_zus_BPE13_3_4</p>
90			
	...ordnen die Reaktionen der Glykolyse den entsprechenden Enzymklassen zu.	<p>Konsolidierung</p> <p>zur Übung und Festigung</p> <p>Kommunikations-, Bewertungskompetenz</p>	<p>03_AB_Glykolyse_BPE13_3_4</p> <p>AA_1</p>
	...beschreiben die Reaktionsfolgen der Glykolyse.	<p>Konsolidierung</p> <p>zur Übung und Festigung</p> <p>Kommunikations- und Sachkompetenz</p>	<p>digitales Endgerät</p> <p>03_AB_Glykolyse_BPE13_3_4</p> <p>AA_2</p>
	... prüfen das Vorliegen einer Oxidation anhand der relevanten Oxidationszahlen von Glucose und Pyruvat.	<p>Ringschluss zum Beginn der Einheit „Glykolyse“:</p> <p>Findet im Verlauf der Glykolyse tatsächlich eine Oxidation statt??</p> <p>Bewertungskompetenz</p>	<p>03_AB_Glykolyse_BPE13_3_4</p> <p>AA_3</p>
		<p>Auftretende Fragen werden notiert und im Nachgang im Plenum diskutiert/beantwortet.</p> <p>Kommunikationskompetenz und Reflexion</p>	
 fassen die Prinzipien der Reaktionen der Glykolyse zusammen.	<p>Erarbeitung</p> <p>Erstellen eines Schlagwortkatalogs zur individuellen Weiterbearbeitung, z. B. in</p>	<p>Tafel;</p> <p>digitale Karteikarten: z. B.:</p>

		Form von Karteikarten oder strukturiert als Mind-Map oder Concept-Map. Schlagworte können z. B. sein: Energiekopplung, energetische Aktivierung, Fließgleichgewicht, Redoxreaktionen, Substratkettenphosphorylierung, Oxidationszahlen. https://lehrerfortbildung-bw.de/st_digital/medienwerkstatt/office/praes/free-maps/ abgerufen 14.09.2020 Reflexion	https://quizlet.com/de Mind-Map bzw. Concept-Map: QR-Code zum 2. Link 
--	--	---	---

3.4.12 DIDAKTISCHE HINWEISE

Im vorliegenden Umsetzungsvorschlag wird die BPE 13.3 mit der BPE 13.4 kombiniert. Dieses Vorgehen ist darin begründet, dass gängige Prinzipien an konkreten Reaktionen gezeigt und erläutert werden. Nur das Aufzeigen von Prinzipien im konkreten Zusammenhang lässt deren Sinnhaftigkeit erkennen.

Die Visualisierung von Strukturen hilft beim Verständnis der Vorgänge auf molekularer Ebene. Daher sollte für die Unterrichtsabschnitte, in denen Proteinstrukturen betrachtet und chemische Moleküle mithilfe eines Molekülbaukastens erstellt werden, ausreichend Zeit eingeplant werden. Nur durch das Ausprobieren verschiedener Möglichkeiten der Darstellung bzw. Umwandlung der Strukturen kann ein Erkenntnisgewinn gelingen.

Am Ende der Einheit steht eine eher offene Struktur, die die Schülerinnen und Schüler ermuntern soll, selbst Lücken zu erkennen und diese zu schließen, und dies mit der Methode ihrer Wahl.

3.4.13 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Vgl. BPE 13.1.

In der BPE 13 kommt es inhaltlich zu einer Vernetzung von Biotechnologie und Chemie. Daher wird in dem hier dokumentierten Umsetzungsvorschlag eine gängige Methode aus der Chemie (Nutzung eines Molekülbaukastens) zur Visualisierung und zum Erkenntnisgewinn verwendet, da die Visualisierung den Zugang zur chemischen Formelwelt erleichtert.

3.4.14 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang. Im Lösungsteil sind außerdem teilweise „Hinweise für die Lehrkraft“ und „Ergänzende Hinweise“ vermerkt. Diese beinhalten methodische und organisatorische Tipps und Alternativen zur Umsetzung.

3.4.15 UNTERRICHTSVERLAUFSPLAN DER BPE 13.5; UNTERRICHTSSTUNDEN 9–10

DAUER MIN	LERNZIELE, ANGESTREBTES ERGEBNIS, GEPLANTE SCHÜLERAKTIVITÄT	UNTERRICHTSPHASE, INHALT, METHODE	MATERIAL, MEDIEN
90	Die Schülerinnen und Schüler...		
		Konfrontation Wenn die Regulation der Glykolyse gestört und Sport keine Option ist... Schüler-Lehrer-Gespräch Anknüpfungspunkt ist, dass die in der Glykolyse gewonnene Energie z. B. zur Bewegung der Muskeln notwendig ist. Kann nicht genügend Energie bereitgestellt werden, kommt es auf zellulärer und Organismen-Ebene zu Problemen. Lehrervortrag: Tarui-Krankheit, Glykogenose Typ VII; mit Symptomen und molekularer Ursache	01Präs_Glykolyse _Regul_ BPE_13_5; Abb. 1 & 2
	... reaktivieren ihr Wissen der Erbkrankheiten, des Vererbungsmodus.	Da Tarui eine Erbkrankheit ist, können die entsprechenden Inhalte aus der J1 wiederholt werden.	
		Die Minderung der Lebensqualität durch die Unmöglichkeit, Sport zu treiben, kann thematisiert werden, auch der Umgang mit Menschen mit Beeinträchtigungen, ggf. auch aus deren Perspektive. Reflexion (Empathie)	
	... erklären die Symptome der Tarui-Krankheit.	Erarbeitung Auf Basis der Tarui-Krankheit werden die Anforderungen an die Energiebereitstellung und Regulation der Glykolyse thematisiert. Merkmale der Dysfunktion (Glykogenablagerungen und schnelle Erschöpfung) werden im Rahmen eines Schüler-Lehrer-Gesprächs auf der Grundlage des Fehlens der Phosphofructokinase-Aktivität erklärt.	01Präs_Glykolyse _Regul_ BPE_13_5; Abb. 2
	... reaktivieren Vorwissen der Regulationsmechanismen in der Zelle.	Zur Erinnerung wird das Thema Regulation in der Biologie aufgegriffen und Vorwissen aufgefrischt.	01Präs_Glykolyse _Regul_ BPE_13_5; Abb. 3

	... kennen die Schlüsselenzyme und deren Reaktionen.	Zurück bei der Glykolyse zeigen sich drei Kontrollpunkte der Regulation.	01Präs_Glykolyse_Regul_BPE_13_5; Abb. 4 & 5
	... beschreiben die Phosphofruktokinasereaktion als zentralen Kontrollpunkt der Glykolyse.		01Präs_Glykolyse_Regul_BPE_13_5; Abb. 6 & 7
	... interpretieren Schaubilder der PFK-Aktivität.	Erarbeitung Auf der Grundlage von Diagrammen wird der Einfluss verschiedener Effektoren auf die Phosphofruktokinase analysiert und danach in einem Schaubild zusammengefasst. Erkenntnisgewinnungskompetenz (Interpretation aufbereiteter Daten)	02_AB_Glykolyse_Regul_BPE_13_5; AA 1 & 2
90	... recherchieren zu weiteren Möglichkeiten der Regulation der Glykolyse und setzen die Regulation in einen größeren zellulären Sachzusammenhang.	Erarbeitung Gruppenteilig soll eine digitale Pinnwand zur Regulation der Glykolyse erstellt werden. Ausgangspunkt sind die im Arbeitsblatt gezeigten Mechanismen und die Informationen des letzten Unterrichts. Kommunikations- und Erkenntnisgewinnungskompetenz (sachlogische Argumentation, Logik von Wirkketten)	Digitales Endgerät, 02_AB_Glykolyse_Regul_BPE_13_5; AA 3
		Präsentation der Ergebnisse und Rückmeldung	

3.4.16 DIDAKTISCHE HINWEISE

Das Erstellen einer digitalen Pinnwand erfordert eine knappe präzise Formulierung der Information, bietet aber auch die Möglichkeit der Strukturierung von Inhalten. Dies ist zur Zusammenfassung einer Unterrichtseinheit sehr geeignet. Auch das kooperative Arbeiten kann mit dieser Methode geübt werden, dabei ist nachvollziehbar, wer welchen Beitrag geleistet hat. Außerdem können Posts bewertet werden, was einerseits der direkten Rückmeldung zur erbrachten Leistung, andererseits auch dem Einüben einer wertschätzenden Rückmeldung förderlich ist.

3.4.17 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Unterrichtsmaterialien sowie entsprechende Lösungen zur Bildungsplaneinheit finden sich im Anhang. Im Lösungsteil sind außerdem teilweise „Hinweise für die Lehrkraft“ und „Ergänzende Hinweise“ vermerkt. Diese beinhalten methodische und organisatorische Tipps und Alternativen zur Umsetzung.

3.4.18 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Veröffentlichungen zur molekularen Ursache der Tarui-Krankheit:

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22474333/>
- <https://emedicine.medscape.com/article/949388-overview>

4 Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP)

Der im Rahmen des VIP-Bereichs ausgewiesene Stundenpool kann von jeder Lehrkraft eigenverantwortlich genutzt werden. Die hier im Bildungsplan genannten Projektthemen stellen Vorschläge dar und sind nicht verbindlich. Im Rahmen der vorliegenden Handreichung soll daher auf die möglichen thematischen Vernetzungen zu anderen Bildungsplaneinheiten derselben Klassen- bzw. Jahrgangsstufe, zu affinen Fächern und zu Themengebieten aus anderen Klassen- oder Jahrgangsstufen eingegangen und die mögliche Bearbeitung exemplarisch und skizzenhaft vorgestellt werden. Je nachdem, welche thematische Anbindung genau vorliegt, kommen Wiederholung, Vertiefung und Vernetzung vor. Grundsätzlich bietet sich zur unterrichtlichen Gestaltung des VIP-Bereichs die projekthafte Arbeit an. Sie erlaubt es den Schülerinnen und Schülern, eigene Interessenschwerpunkte einzubringen und individuell in Lerngruppen zu arbeiten. Es entstehen dabei individuelle Lernprodukte, die zusammenfassend im Plenum präsentiert und aufgearbeitet werden können. Die projekthafte Arbeit an biotechnologischen Fragestellungen ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, erste selbstständige Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten zu machen und dabei die Wichtigkeit der fächerübergreifenden Zusammenarbeit zu erleben. So werden beispielsweise fremdsprachliche Informationen und physikalische Gesetzmäßigkeiten genutzt, mathematische Berechnungen ausgeführt, Ideen verschriftlicht und präsentiert, Vorträge gehalten, Daten gemessen und dargestellt sowie Ergebnisse kritisch hinterfragt und bewertet.

Die Betrachtung und Bewertung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im jeweiligen gesellschaftlichen und zeitlichen Kontext eröffnet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, das jeweilige Weltbild als im stetigen Wandel zu begreifen, und verdeutlicht das Zusammenwirken der verschiedensten Disziplinen. Sie verstehen den gesellschaftlichen, technischen und naturwissenschaftlichen Fortschritt als stetigen Prozess, der auf vielen einzelnen Entwicklungen und Entdeckungen fußt. Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Möglichkeit, hierzu einen Beitrag zu leisten und erleben sich als Teil dieser stetigen Fortentwicklung.

4.1 Projektskizze: Analoges oder digitales Modell einer Zelle als Bau- und Funktionseinheit (Eingangsklasse)

Ziel dieser Einheit ist die Entwicklung und Herstellung eines Zellmodells. Dies kann entweder als analoges Modell in 2-D oder 3-D oder als digitales Modell geschehen. Die Schülerinnen und Schüler sollen damit die Bestandteile einer typischen eukaryotischen Zelle erkennen und deren Zusammenspiel begreifen. Ein typisches Ergebnis dieser Einheit kann z. B. das bekannte „Schuhschachtelmo-

dell“ sein. Das entwickelte Modell dient auch als Grundlage zum Vergleich mit dem grundsätzlichen Aufbau eines Prokaryoten. Darüber hinaus bietet die Einheit die Möglichkeit zur Vernetzung mit anderen Fächern und zur Thematisierung von verschiedensten affinen Themengebieten aus z. B. Mathematik, Physik, Geschichte, Religion bzw. Ethik.

Bei der Entwicklung des Zellmodells stoßen die Schülerinnen und Schüler auf verschiedenste Fragestellungen. Angefangen von der Größe einer Zelle (Mathematik), des Aufbaus eines Mikroskops (Physik, Geschichte) bis hin zur Frage, seit wann man Zellen überhaupt „sehen“ kann und wie sich die Vorstellungen zum Leben verändert haben (Religion/Ethik, Geschichte). All diese Fragen können in diesem Projekt in Gruppen bearbeitet werden und in die abschließende Modelldiskussion (vgl. BPE 2.2) eingebracht werden. Je vielfältiger die affinen Themen bearbeitet werden, desto breiter wird das Verständnis für die wissenschaftliche Denkweise und deren Bedeutung im Blick auf die Welt.

Neben der Darstellung einer Zelle als statisches System im Modell kann dieses auch dazu genutzt werden, Transportprozesse innerhalb der Zelle, z. B. der Weg der genetischen Information, nachzuvollziehen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da im weiteren Verlauf der Eingangsklasse die Schülerinnen und Schüler die Zelle als dynamisches System begreifen sollen. Zellen stehen in ständigem Austausch untereinander, in ihrem Innern werden Stoffe gezielt zu Zielstrukturen transportiert, sie sind in der Lage, spezifisch Stoffe durch die Membran zu transportieren (vgl. BPE 2.4, BPE 3.1). Sie sind damit also weit mehr als simple Bausteine eines Organismus (vgl. BPE 1.6).

4.2 Projektskizze: Impfstoffherstellung und Impfquoten (Jahrgangsstufe 1)

Ziel dieses Projektes in der Jahrgangsstufe 1 ist die Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit der Vorgehensweise zur Herstellung von Impfstoffen und der aktuellen Impfdiskussion. Hierbei bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur Wiederholung von bereits Gelerntem und zur Diskussion im Plenum.

Das Projekt kann mit verschiedenen Bildungsplaneinheiten (vgl. z. B. BPE 7.1, BPE 7.3 und BPE 7.4) verknüpft werden. Je nach Positionierung des Projektes kann es zur Erarbeitung unterrichtlicher Inhalte der obengenannten Bildungsplaneinheiten oder zur Vernetzung von Inhalten aus verschiedenen Einheiten (vgl. z. B. BPE 5.9, BPE 8.9, BPE 8.14) genutzt werden. Die Schülerinnen und Schüler vergleichen dabei die aktive und passive Immunisierung miteinander und erarbeiten sich so die beiden Therapiestrategien. Sie erkennen die Problematik der Gewinnung von viralen Partikeln und lernen die klassische Technik der Bebrütung von Hühnereiern zur Vermehrung von Viren kennen. Ausgehend von den dabei auftretenden Schwierigkeiten kann auf moderne Verfahren (DNA- und RNA-Impfung) übergeleitet werden. Dabei werden virale Gene bzw. Genfragmente im menschlichen Organismus exprimiert und deren Genprodukte lösen dann eine Immunantwort aus. Die modernen Verfahren nutzen dabei verschiedenste molekularbiologische Techniken (PCR, ELISA, Gelelektrophorese u. a.), die im Rahmen dieses Projektansatzes hier wiederholt werden können. Ergänzend bietet das Projekt vielfältige Anknüpfungspunkte an den Theorieunterricht (z. B. Genstruktur, strukturelle und funktionale Unterschiede der Ribonukleinsäuren). Parallel zur Wiederholung und Vertiefung kann die Diskussion über die grundsätzliche Frage der Anwendung von molekulargenetischen Verfahren am Menschen, bei

der RNA-Impfung wird modifizierte virale RNA in den menschlichen Organismus eingebracht und dort translatiert, bewertet und diskutiert werden.

Um einer Krankheitsausbreitung (z. B. Masern, Covid-19) innerhalb der Gesellschaft entgegenzuwirken, muss eine bestimmte Impfquote innerhalb dieser Population erreicht werden. Das Erreichen dieser Quote hängt entscheidend von der Bereitschaft des Einzelnen zur Impfung ab. Sie nimmt in Deutschland, besonders bezogen auf zweiten Impfungen, seit einigen Jahren ab (BZgA, <https://www.impfen-info.de/wissenswertes/impfbereitschaft-in-deutschland.html>, 07.09.2020). Gleichzeitig nimmt die Zahl der Personen, die einer Impfung grundsätzlich kritisch gegenüberstehen, zu. Begründet wird die Verweigerung von Impfungen häufig mit möglicherweise auftretenden Impfschäden. Dies kann zum Beispiel im Rahmen einer Dilemma-Diskussion (ZSL, https://lehrerfortbildung-bw.de/u_gewi/religion-rk/gym/bp2004/fb1/2_r_5_6/3_materialien/2_dilemma/, 07.09.2020) unterrichtlich aufgearbeitet werden. Dies unterstützt die Schülerinnen und Schüler im Bilden einer eigenen, naturwissenschaftlich fundierten Meinung und ermöglicht es ihnen, sich als aktiven Teil in die aktuelle gesellschaftliche Diskussion einzubringen. Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Impfquoten können weitere epidemiologische Daten und Graphen beschrieben und interpretiert werden. Dies dient zur Übung und Festigung des bereits Gelernten und verstärkt bei den Schülerinnen und Schülern den Blick auf fächerverbindendes Arbeiten und fächerübergreifende Kompetenzen.