

**ZSL**

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

## **Gesundheit und Biologie**

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



## Redaktionelle Bearbeitung

|                  |   |
|------------------|---|
| Redaktion        | Daniela Memmesheimer, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)   |
| Autor/in         | Sabine Merz, Peter-Bruckmann-Schule Heilbronn<br>Sabrina Ortlepp, Berufliche Schulen Bretten<br>Peggy Kaim-Qasem, Matthias-Erzberger-Schule Biberach<br>Margarete Strasser, Alexander-Fleming-Schule Stuttgart<br>Kristina Weber, Albert-Schweitzer-Schule Villingen-Schwenningen |
| Erscheinungsjahr | 2021  |

## Impressum

|              |   |
|--------------|---|
| Herausgeber  | Land Baden-Württemberg<br>vertreten durch das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)<br>Interimsadresse:<br>Neckarstr. 207, 70190 Stuttgart<br>Telefon: 0711 21859-0<br>Telefax: 0711 21859-701<br>E-Mail: <a href="mailto:poststelle@zsl.kv.bwl.de">poststelle@zsl.kv.bwl.de</a><br>Internet: <a href="http://www.zsl.kultus-bw.de">www.zsl.kultus-bw.de</a>  |
| 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.<br>© Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Stuttgart 2021 |

# Inhaltsverzeichnis

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 1   | Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan .....  | 2   |
| 1.1 | Begründung und Auswahl der BPE .....  | 4   |
| 1.2 | Begründung und Auswahl der Struktur .....   | 5   |
| 2   | Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht des jeweiligen Fachs. 6                                       |     |
| 2.1 | Apps und Tools für den fachspezifischen Unterricht.....   | 6   |
| 2.2 | Datenbanken .....   | 8   |
| 2.3 | Lern-Apps/Tools.....  | 8   |
| 2.4 | Apps und Tools für den Unterricht mit digitalen Medien.....   | 9   |
| 2.5 | Beispiele für Apps und Tools für Lernzielkontrollen .....   | 11  |
| 3   | Umsetzungsbeispiele .....   | 12  |
| 3.1 | BPE 2 Zelluläre Grundlagen des menschlichen Körpers:.....   | 12  |
| 3.2 | BPE 2.4 Biomembran, Transportprozesse, Endo- und Exocytose.....   | 14  |
| 3.3 | BPE 2.7 Proteinbiosynthese, Regulation der Genexpression .....  | 25  |
| 3.4 | BPE 6 Bedeutung der Sozialisation und Entwicklung für die Gesundheit .....  | 36  |
| 3.5 | BPE 6.1 Sozialisation .....   | 38  |
| 3.6 | BPE 6.3 Bedürfnisse nach Maslow, Motiv/Motivation, Modelle der Motivationspsychologie .....                           | 48  |
| 3.7 | BPE 16 Reproduktion und Genetik – Möglichkeiten und Grenzen.....  | 64  |
| 3.8 | BPE 16.5 Polymerasekettenreaktion (PCR), DNA-Fingerprinting, Gene-Editing-Verfahren.....                              | 66  |
| 4   | Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen –<br>Projektunterricht (VIP) .....                     | 82  |
| 4.1 | Beispiele für binnendifferenzierten Unterricht entsprechend den Anforderungsbereichen .....                           | 83  |
| 4.2 | Beispiel für einen Projektunterricht in Verbindung mit einer Exkursion .....  | 85  |
| 5   | Anhang .....  | 94  |
| 5.1 | Zusatzmaterial zur BPE 16.5: Unterrichtseinheit „DNA-Fingerprinting“ .....  | 94  |
| 5.2 | Zusatzmaterial zur BPE 16.5: Unterrichtseinheit „Gene-Editing-Verfahren am Beispiel des<br>CRISPR/Cas9-Systems“ ..... | 101 |

# 1 Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan

Die vorliegende Handreichung richtet sich an die Lehrkräfte des Beruflichen Gymnasiums der dreijährigen Aufbauform sozial- und gesundheitswissenschaftlicher Richtung, die das Profulfach Gesundheit und Biologie unterrichten. Ziel dieser Handreichung ist, die Intention des neuen Bildungsplanes Gesundheit und Biologie aufzuzeigen und anhand exemplarischer Unterrichtseinheiten Vorschläge für die Umsetzung des Bildungsplanes zur Verfügung zu stellen. Diese Unterrichtseinheiten sind zentraler Bestandteil dieser Handreichung und bilden Bildungsplaneinheiten aus der Eingangsklasse, der Jahrgangsstufe 1 sowie der Jahrgangsstufe 2 ab. Diese Handreichung zeigt damit rein exemplarisch, anhand von vier Unterrichtseinheiten, Möglichkeiten zur Umsetzung des Bildungsplanes und zur kompetenzorientierten Gestaltung von Unterricht auf.

Der neue Bildungsplan Gesundheit und Biologie fokussiert, vielfältiger Veränderungen in Lebens-, Umwelt, Berufs- und Arbeitswelt geschuldet, eine detaillierte, aber auch ganzheitliche Betrachtung der Gesundheit von Menschen und richtet sich im Rahmen des Profulfachs Gesundheit und Biologie an Schülerinnen und Schüler, die Interesse an vielfältigen Aspekten der Gesundheitswissenschaften zeigen, und führt zum Erwerb von Grundfertigkeiten für Berufe in diesen Bereichen. Dementsprechend vermittelt der inhalts- und kompetenzorientierte Bildungsplan Kenntnisse, Fertigkeiten und Handlungsstrategien, die Schülerinnen und Schüler befähigen, einen Beitrag zum individuellen Verhalten, zur eigenen Gesundheit und zur Gesundheit anderer zu leisten. Die Umsetzung geschieht anhand der vertieften exemplarischen Auseinandersetzung mit den Bildungsplaninhalten, des selbstständigen Arbeitens und Übertragens des Erlernten auf neue Situationen und Fragestellungen, der Begründung und Beurteilung von Sachzusammenhängen und der Verarbeitung komplexer Gegebenheiten. Der Fokus liegt dabei auf der Durchdringung gesundheitswissenschaftlicher Fragestellungen aus den interdisziplinären Fachbereichen Medizin, Pflegewissenschaft, Biologie, Chemie, Pädagogik, Psychologie, Soziologie und Ethik.

Grundlegend neu ist im Bildungsplan Gesundheit und Biologie, dass zur Förderung der Handlungskompetenz eine exemplarische Auseinandersetzung mit den Bildungsplaninhalten erfolgt. Des Weiteren erhalten der Transfer erlernter Inhalte auf weitere komplexe Frage- und Problemstellungen sowie die kreative Entwicklung von Lösungsansätzen, die anhand selbstständiger Deutung, Folgerung, Begründung und Wertung herbeigeführt werden, eine zentrale Bedeutung.

Zur Umsetzung dessen finden sich in der Eingangsklasse Bildungsplaninhalte, die wesentlich für das Gesundheitsverständnis und die Gesunderhaltung sind und die Grundlagen für den Unterricht in den Jahrgangsstufen bilden. In den Jahrgangsstufen erfolgen der Perspektivenwechsel von der biomedizinischen hin zur salutogenetischen Sichtweise sowie der Aufbau medizinischen Basiswissens und dessen Vernetzung mit gesundheitswissenschaftlichen Frage- und Problemstellungen.

Die innovative Inhalts- und Kompetenzorientierung des Bildungsplanes zeigt sich daran, dass in jeder Bildungsplaneinheit (BPE) übergeordnete Zielbeschreibungen zu finden sind, die durch untergeordnete, mit fachspezifischen Operatoren versehene Zielformulierungen, der verbindlichen Inhaltsspalte sowie

der unverbindlichen Hinweisspalte weiter konkretisiert werden. Durch diese Darstellung wird zudem das Anforderungsniveau der Inhalte und der dabei zu erwerbenden Kompetenzen ersichtlich.<sup>1</sup>

Zentral für die Weiterentwicklung und Förderung von Kompetenzen ist der VIP-Bereich als weitere grundlegende Innovation des Bildungsplanes Gesundheit und Biologie. Dieser beinhaltet Stunden für die Vertiefung, individualisiertes Lernen sowie Projektunterricht und soll nach Schwerpunktsetzung der Fachlehrerinnen und -lehrer auf Grundlage fächerspezifischer Besonderheiten und Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden. Diese Stunden finden sich den Bildungsplaneinheiten vorangestellt in der Eingangsklasse oder den Jahrgangsstufen. Die tabellarische Darstellung enthält zudem konkrete Umsetzungsbeispiele, die zur Vertiefung, im individualisierten Lernen oder im Projektunterricht in Verbindung mit den darauffolgenden Inhalten der Bildungsplaneinheiten genutzt werden können.

Darüber hinaus finden sich in den mit den übergeordneten Zielformulierungen versehenen Bildungsplaneinheiten Zeitrichtwerte, die auf die einzelnen Bildungsplaneinheiten zu verteilen sind. Beispielsweise ist die gesamte Bildungsplaneinheit 1 mit 60 Stunden veranschlagt. Diese 60 Stunden sind auf die Bildungsplaneinheiten 1.1 bis 1.13 zu verteilen. Des Weiteren sind in einigen Bildungsplaneinheiten zusätzliche Stundenangaben in Klammer dargestellt. Diese in Klammer angegebenen Stunden sind Teilungsstunden, in denen die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen unterrichtet werden. Dementsprechend werden die bisher in der Eingangsklasse verorteten „Laborübungen“ nicht explizit ausgewiesen. Die Teilungsstunden finden sich unter anderem in der Bildungsplaneinheit 2 mit 20 Stunden wieder. Das bedeutet, von den gesamt veranschlagten 60 Stunden der Bildungsplaneinheit 2, wird die Klasse 20 Stunden geteilt unterrichtet.

Die vorliegende Handreichung möchte den Lehrkräften Hilfestellungen bei der Umsetzung des neuen Bildungsplanes geben und zeigt zunächst eine Auswahl an digitalen Medien auf, die im Profulfach Gesundheit und Biologie eingesetzt werden können.

In den folgenden exemplarischen Unterrichtsentwürfen erfolgt, neben der Darstellung einer konkreten Gestaltung des Unterrichts unter Einbezug digitaler Medien, die Darlegung einer möglichen Stundenverteilung unter Berücksichtigung der Teilungsstunden. Zudem finden sich in Abschnitt 4 dieser Handreichung Bezüge der Unterrichtsentwürfe zum VIP-Bereich des Bildungsplanes, indem exemplarisch aufgezeigt wird, wie diese Stunden im Unterricht eingesetzt werden können.

---

<sup>1</sup> Vgl. *Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform, Sozial- und Gesundheitswissenschaftliche Richtung, Profil Gesundheit und Biologie.*

## 1.1 Begründung und Auswahl der BPE

Die vorliegende Handreichung zeigt anhand exemplarischer Unterrichtsentwürfe auf, wie der inhalts- und kompetenzorientierte Bildungsplan Gesundheit und Biologie umgesetzt werden kann. Dazu wurden die Bildungsplaneinheiten 2, 6 und 16 ausgewählt, da diese Einheiten sowohl die Eingangsklasse als auch die Jahrgangsstufen abdecken und sie sich zudem durch neue bzw. spezifizierte Inhalte auszeichnen.

Die Bildungsplaneinheit 2 zeichnet sich beispielsweise dadurch aus, dass viele biologische Inhalte der Eingangsklasse verortet sind, welche im vorherigen Bildungsplan Gesundheit und Pflege nicht integriert waren, da Biologie in der Eingangsklasse selbst ein Unterrichtsfach gewesen ist. Deshalb wurden exemplarisch die Bildungsplaneinheiten 2.4 und 2.7 vertieft ausgearbeitet, denn diese bilden unter anderem die biologischen Grundlagen für viele weitere Inhalte im Profulfach (vgl. 3.1.1 und 3.2.1). Die Unterrichtsbeispiele für die Bildungsplaneinheiten 2.4 und 2.7 zeigen exemplarisch verschiedene Erarbeitungsmethoden zum Thema „Osmose“ und „Regulation der Genexpression“ auf.

Die Bildungsplaneinheit 6 erläutert gesundheitsrelevante Grundlagen der Soziologie und Psychologie. Der demografische Wandel, steigende Zahlen chronisch kranker und versorgungsbedürftiger Menschen sowie die eingeschränkten finanziellen Ressourcen im Gesundheitssystem rücken in den gesellschaftlichen Fokus. Neue Erkenntnisse der Public-Health-Forschung zeigen zudem, dass nicht nur gesellschaftliche Lebensbedingungen, sondern auch individuelle Lebensgewohnheiten grundlegenden Einfluss auf die Gesundheit haben. Entsprechend sollen in dieser BPE Zusammenhänge zwischen psychosozialen Faktoren und Gesundheit wie Krankheit dargestellt werden. Kenntnisse zu Lern- und Motivationstheorien machen die Beurteilung von erworbenem Verhalten möglich, dies soll vor allem auch unter dem Blickwinkel gesundheitsfördernder Maßnahmen geschehen.

In der BPE 16.5 werden molekularbiologische Methoden erarbeitet, deren Grundlagen die BPE 2 und hier im Wesentlichen BPE 2.5 und BPE 2.8 darstellen. Die Methoden Polymerasekettenreaktion (PCR), DNA-Fingerprinting und Gene Editing werden im Zusammenhang mit dem Menschen als Lebewesen und seiner Gesundheit für diagnostische Verfahren zum Nachweis von Veränderungen im Erbgut und deren evtl. Therapie eingesetzt. Bislang war die Methode PCR im Bildungsplan Gesundheit und Pflege als Unterpunkt in der LPE 18 genannt, im Bildungsplan der Biologie in den Jahrgangsstufen war sie, zusammen mit dem DNA-Fingerprinting, ebenfalls enthalten. Das Thema Gene Editing war als ein relativ neu entwickeltes Verfahren in keinem der beiden Bildungspläne enthalten. Als Beispiel für eine ausgearbeitete Unterrichtsstunde wurde die Methode der PCR gewählt, sie stellt, zusammen mit der sich obligat anschließenden Methode der Agarose-Gelelektrophorese (GE), eine unersetzbare Standardmethode für die Lösung der vielfältigsten Fragestellungen rund um das Erbgut von Lebewesen dar. Für das DNA-Fingerprinting und Gene-Editing-Verfahren stehen ebenfalls ausgearbeitete Materialien zur Verfügung.

Der Kompetenzorientierung wird insofern entsprochen, als den Unterrichtsverlaufsplanungen jeweils spezifische Zielsetzungen der Unterrichtsstunde vorangestellt sind. Diese Zielsetzungen beziehen sich auf die Kompetenzformulierungen der jeweiligen Bildungsplaneinheit und enthalten entsprechende Operatoren der Anforderungsbereiche I-III, die das Anforderungsniveau der Stunde kennzeichnen. Zudem sind die jeweiligen exemplarischen Unterrichtsentwürfe handlungsorientiert gestaltet und beachten

neben der reinen Wissensvermittlung auch die Förderung von sozialen, methodischen und personalen Kompetenzen. Darüber hinaus werden in den methodischen und didaktischen Hinweisen Anregungen für den Einsatz weiterer möglicher kooperativer Lernformen, den Einbezug von digitalen Medien und für die Möglichkeit des Transfers gegeben. Zur weiteren Kompetenzerweiterung finden sich in den weiterführenden Hinweisen Verweise auf ergänzende, erweiternde Fachinhalte sowie interaktive Materialien und Medien.

## 1.2 Begründung und Auswahl der Struktur

Die Unterrichtsentwürfe in den gewählten Bildungsplaneinheiten 2.4, 2.7, 6.1, 6.3 und 16.5 zeigen beispielhaft auf, wie die im Profulfach erforderlichen Kompetenzen angebahnt und entwickelt werden können. Die gewählte Struktur folgt dem deduktiven Ansatz, was daran zu erkennen ist, dass neben den allgemeinen fachlichen, didaktischen und methodischen Hinweisen zur jeweiligen Bildungsplaneinheit zunächst eine mögliche Stundenverteilung der gesamten Bildungsplaneinheit vorangestellt ist. Diese Stundenverteilung orientiert sich an der Themenabfolge des Bildungsplanes und berücksichtigt gleichfalls die Teilungsstunden, die in Klammer differenziert ausgewiesen werden. Dadurch wird eine erste strukturelle Orientierung geschaffen.

Des Weiteren erfolgt eine erste inhaltliche Orientierung, indem den gewählten Bildungsplaneinheiten eine Inhaltsübersicht in Form einer Mindmap vorangestellt ist. Diese Mindmaps erfassen alle Inhalte der entsprechenden Bildungsplaneinheit und zeigen deren Zusammenhänge und Verknüpfungen. Sie ermöglichen den Lehrkräften eine thematische Verortung im Umgang mit den Bildungsplaninhalten. Die Mindmaps sind mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet und zeigen in Blau die Inhalte der jeweiligen Bildungsplaneinheit aus dem Bildungsplan Gesundheit und Biologie auf. In grün eingefärbten Kästchen finden sich Aspekte, die in direkter Verbindung mit dem Thema stehen und der Vertiefung dienen. Die orangefarbenen Kästchen kennzeichnen Verweise auf andere Bildungsplaneinheiten und zeigen Transfermöglichkeiten auf. Zur weiteren Orientierung folgt der Mindmap eine mögliche Verlaufsplanung für die jeweilige Bildungsplaneinheit.

Der Konkretisierungsgrad dieser ersten inhaltlichen Orientierung nimmt durch die Darstellung einer detaillierten Unterrichtsverlaufsplanung zum gewählten Thema der Bildungsplaneinheit in Folge stetig zu. Die Unterrichtsverlaufsplanung fokussiert daher ein Thema der in der Mindmap ausgewiesenen Inhalte und zeigt exemplarisch auf, wie ein kompetenzorientierter Unterricht unter Einbezug digitaler Medien oder verschiedener Lehr- und Lernmethoden stattfinden und wie ein Transfer zu neuen und erweiterten Themen geschaffen werden kann. Dementsprechend finden sich der Verlaufsplanung folgend konkrete Unterrichtsmaterialien zur Verwendung im unterrichtlichen Einsatz.

Die jeweilige exemplarisch ausgearbeitete und dargelegte Unterrichtseinheit abschließend, finden sich Verweise zur Thematik auf weiterführende Quellen, wie Literatur oder Internetseiten.

## 2 Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht des jeweiligen Fachs

Unterrichtsmedien sind fest im Schulkontext verankert und werden seit einiger Zeit um die digitalen Medien erweitert. Digitale Medien können dabei Hilfsmittel sein, welche die didaktischen Lehr- und Lernprozessen unterstützen, da Unterricht durch sie möglicherweise anschaulicher und praxisnäher wird. Dementsprechend sind die Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien in den letzten Jahren zunehmend gewachsen und spielen auch im neuen Bildungsplan Gesundheit und Biologie eine bedeutsame Rolle: Der gesellschaftliche Wandel erfordert den Einsatz digitaler Medien und unterstützt die methodisch-didaktischen Anforderungen der Individualisierung und Differenzierung.

Digitale Medien sind im Unterricht jederzeit einsetzbar und in das Unterrichtsgeschehen integrierbar. So können Fachinhalte beispielsweise mittels einer App erarbeitet, vervollständigt oder überprüft werden.

Folgend wird eine Auswahlmöglichkeit digitaler Medien zu fachspezifischen Themen gelistet.

### 2.1 Apps und Tools für den fachspezifischen Unterricht

Apps/Tools im Anatomie- und Physiologie-Unterricht erleichtern die Visualisierung und können eine kompakte Darstellung der Strukturen und Abläufe ermöglichen. Die Stofffülle aller organischen Strukturen des menschlichen Körpers kann so besser im Gedächtnis haften.

Die folgende Liste beinhaltet eine Auswahl an möglichen Beispielen, um dieses Vorhaben umzusetzen.

| APP  | LINK   | QR-CODE  |
|--|--|--|
| <b>Thieme I care WISSEN TO GO:</b><br>Kompaktes Wissen aus allen drei Lehrwerken: Anatomie & Physiologie, Krankheitslehre und Pflege als mobiles Lexikon einsetzbar. | <a href="https://apps.apple.com/de/app/i-care-wissen-to-go-2020/id1498192788">https://apps.apple.com/de/app/i-care-wissen-to-go-2020/id1498192788</a> [21.10.2020]   |   |
|  | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thieme.icare2">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thieme.icare2</a> [21.10.2020]   |   |
| <b>Survived Elsevier:</b> Kleine Einführung in die Anatomie des Menschen sowie ein medizinisches Lexikon mit mehr als 6 000 Begriffen.                               | <a href="https://apps.apple.com/de/app/id1434710146">https://apps.apple.com/de/app/id1434710146</a> [22.10.2020]<br><br><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=de.elsevier.education.SurviveMedApp">https://play.google.com/store/apps/details?id=de.elsevier.education.SurviveMedApp</a> [22.10.2020] | <br><br> |
| <b>Visual Anatomy free:</b> Einblick in die Anatomie des Menschen anhand einfacher Modelle.  | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hssn.anatomy-free&amp;hl=de&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hssn.anatomy-free&amp;hl=de&amp;gl=US</a> [22.10.2020]   |   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>Insight Heart:</b> Virtuelle Realität des Herzens (Anatomie und Physiologie).</p>  | <p><a href="https://apps.apple.com/de/app/insight-heart/id1280845473">https://apps.apple.com/de/app/insight-heart/id1280845473</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.animares.heart&amp;hl=en_US&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.animares.heart&amp;hl=en_US&amp;gl=US</a> [22.10.2020]</p>   | <br><br>   |
| <p><b>Atlas der Humananatomie:</b> Einblick in den menschlichen Körper durch 3-D-Modelle aller Körpersysteme.</p>                          | <p><a href="https://apps.apple.com/app/id1117998129?ls=1">https://apps.apple.com/app/id1117998129?ls=1</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.visiblebody.atlas&amp;referrer=utm_source%3Dwww-visiblebody%26utm_content%3Dwww-de_atlas-product_badgetop">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.visiblebody.atlas&amp;referrer=utm_source%3Dwww-visiblebody%26utm_content%3Dwww-de_atlas-product_badgetop</a> [22.10.2020]</p>                   | <br><br>   |
| <p><b>Anatomie &amp; Physiologie – Visible Body:</b> Eine visuelle Einführung in jedes System der menschlichen Anatomie (3-D-Modelle).</p> | <p><a href="https://apps.apple.com/app/id920133658?ls=1">https://apps.apple.com/app/id920133658?ls=1</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.argosy.vb.anatomyandphysiology&amp;referrer=utm_source%3Dwww-visiblebody%26utm_content%3Dwww-de_ap-product_badgetop">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.argosy.vb.anatomyandphysiology&amp;referrer=utm_source%3Dwww-visiblebody%26utm_content%3Dwww-de_ap-product_badgetop</a> [22.10.2020]</p> | <br><br> |
| <p><b>Lernprogramm Gentechnik:</b> Biologie Oberstufe – Westliche Bundesländer: 11.–13. Schuljahr.</p>                                     | <p>Softwareprogramm</p>   |  |

## 2.2 Datenbanken

Die aufgeführten Datenbanken können ein rasches Nachschlagen zu speziellen Themen ermöglichen.

| APP   | LINK   | QR-CODE  |
|---|--|--|
| <b>Arznei aktuell:</b> Aktuelle Medikamente mit Indikation, Nebenwirkungen sowie Wechselwirkung | <a href="https://apps.apple.com/de/app/arznei-aktuell/id370544349">https://apps.apple.com/de/app/arznei-aktuell/id370544349</a> [22.10.2020]   |   |
|   | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ifap.arzneiaktuell&amp;hl=de&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ifap.arzneiaktuell&amp;hl=de&amp;gl=US</a> [22.10.2020] |   |
| <b>forschungsdatenbank.zqp.de:</b> Recherche von Studien.                                       | <a href="https://forschungsdatenbank.zqp.de">https://forschungsdatenbank.zqp.de</a> [22.10.2020]   |   |
| <b>pubmed.de:</b> Biomedizinische Datenbank der National Library of Medicine (NLM).             | <a href="http://pubmed.de">http://pubmed.de</a> [22.10.2020]   |   |
| <b>dimdi.de:</b> Deutsches Institut für medizinische Dokumentation.                             | <a href="https://www.dimdi.de/dynamic/de/startseite">https://www.dimdi.de/dynamic/de/startseite</a> [22.10.2020]   |  |

## 2.3 Lern-Apps/Tools

Die aufgelisteten Apps/Tools können eine Überprüfung von Fachwissen ermöglichen oder unterstützen die Vorbereitung für eine Klausur/Prüfung.

| APP   | LINK   | QR-CODE   |
|---|--|---|
| <b>GIDA-Testcenter:</b> Bearbeitung von Arbeitsblättern und Unterrichtsinhalten (z. B. Atmung). | <a href="https://www.gida.de/biologie">https://www.gida.de/biologie</a> [22.10.2020]   |  |
| <b>Pflege-Examen:</b> Lern-App zur Prüfungsvorbereitung, z. B. medizinisches Grundwissen.       | <a href="https://apps.apple.com/de/app/pflege-examen/id1361348519">https://apps.apple.com/de/app/pflege-examen/id1361348519</a> [22.10.2020]   |  |
|   | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kreawiverlag.pflegewissen&amp;hl=de">https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kreawiverlag.pflegewissen&amp;hl=de</a> [22.10.2020] |  |

## 2.4 Apps und Tools für den Unterricht mit digitalen Medien

Apps/Tools können die Erarbeitung von Fachwissen erleichtern, z. B. indem sie Fachwissen visualisieren, clustern oder Ideen bildhaft machen. Es ist möglich, das kollaborative, selbstkontrollierte, induktive sowie projektorientierte Arbeiten zu fördern.

Folgend sind Beispiele für Apps aufgelistet, die diese Kriterien erfüllen können:

| APP   | LINK  | QR-CODE   |
|---|---|---|
| <b>PDF-Expert:</b> Lesen und Bearbeiten von Texten im PDF-Format, Anlegen von Ordnern und Markieren von Texten. | <a href="https://apps.apple.com/de/app/pdf-expert-7-pdf-bearbeiten/id743974925">https://apps.apple.com/de/app/pdf-expert-7-pdf-bearbeiten/id743974925</a><br>[22.10.2020]   |    |
|   | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pdf.reader.viewer.editor.free">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pdf.reader.viewer.editor.free</a><br>[22.10.2020]   |    |
| <b>Book Creator:</b> Erstellen von Flyern, eBooks.  | <a href="https://apps.apple.com/app/book-creator-free-make-books/id661166101">https://apps.apple.com/app/book-creator-free-make-books/id661166101</a><br>[22.10.2020]   |    |
|   | <a href="https://app.bookcreator.com/sign-in?utm_source=website&amp;utm_medium=link&amp;utm_campaign=referrals&amp;utm_content=book-creator-online">https://app.bookcreator.com/sign-in?utm_source=website&amp;utm_medium=link&amp;utm_campaign=referrals&amp;utm_content=book-creator-online</a><br>[22.10.2020] |   |
| <b>Pages, Word, Keynote und Numbers:</b> Schreibprogramm, Präsentationssoftware und Tabellenkalkulation.        | <a href="https://apps.apple.com/de/app/pages/id409201541?mt=12">https://apps.apple.com/de/app/pages/id409201541?mt=12</a> [22.10.2020]  |  |
|   | <a href="https://apps.apple.com/de/app/keynote/id409183694?mt=12">https://apps.apple.com/de/app/keynote/id409183694?mt=12</a> [22.10.2020]  |  |
|   | <a href="https://apps.apple.com/de/app/numbers/id409203825?mt=12">https://apps.apple.com/de/app/numbers/id409203825?mt=12</a> [22.10.2020]  |  |
|   | <a href="https://apps.apple.com/de/app/microsoft-word/id586447913">https://apps.apple.com/de/app/microsoft-word/id586447913</a>   |   |
|   | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microsoft.office.word&amp;hl=de&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microsoft.office.word&amp;hl=de&amp;gl=US</a>   |  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>Explain Everything, iMovie, Green Screen, Prezi:</b> Erstellung von Video-Tutorials mit Hilfe selbst erstellter Materialien (z. B. Fotos, Videos und Audio).</p> | <p><u>Explain Everything:</u><br/> <a href="https://apps.apple.com/de/app/explain-everything-whiteboard/id1020339980">https://apps.apple.com/de/app/explain-everything-whiteboard/id1020339980</a><br/>                 [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.explaineverything.explaineverything&amp;hl=en">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.explaineverything.explaineverything&amp;hl=en</a> [22.10.2020]</p> <p><u>iMovie:</u><br/> <a href="https://apps.apple.com/de/app/imovie/id377298193">https://apps.apple.com/de/app/imovie/id377298193</a><br/>                 [22.10.2020]</p> <p><u>Greenscreen:</u><br/> <a href="https://apps.apple.com/de/app/greenscreen-by-doink/id730091131?mt=8&amp;ign-mpt=uo%3D4">https://apps.apple.com/de/app/greenscreen-by-doink/id730091131?mt=8&amp;ign-mpt=uo%3D4</a> [22.10.2020]</p> <p><u>Prezi:</u><br/> <a href="https://apps.apple.com/de/app/prezi-viewer/id576717926">https://apps.apple.com/de/app/prezi-viewer/id576717926</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.prezi.android&amp;hl=en">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.prezi.android&amp;hl=en</a><br/>                 [22.10.2020]</p> | <br><br><br><br><br><br><br><br><br><br> |
| <p><b>Plickers:</b> Umfragen, z. B. für eine Lernzielkontrolle.</p>  | <p><a href="https://apps.apple.com/de/app/plickers/id701184049">https://apps.apple.com/de/app/plickers/id701184049</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plickers.client.android&amp;hl=en">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plickers.client.android&amp;hl=en</a><br/>                 [22.10.2020]</p>   | <br><br>   |
| <p><b>Digitale Pinnwand,</b> z. B. Zusammenarbeit, Ergebnis- und Ideensammlung.</p>  | <p><a href="https://apps.apple.com/de/app/padlet/id834618886">https://apps.apple.com/de/app/padlet/id834618886</a> [22.10.2020]</p> <p><a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wallwisher.Padlet&amp;hl=en">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wallwisher.Padlet&amp;hl=en</a><br/>                 [22.10.2020]</p>   | <br><br>   |
| <p><b>LearningApps.org:</b> Onlinestellen von multimedialen Lernbausteinen in unterschiedlichen</p>  | <p><a href="https://learningapps.org">https://learningapps.org</a> [22.10.2020]</p>  |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| Aufgabentypen, z. B. Kreuzworträtsel, Zuordnungsübungen. |  |  |
|--|--|--|

## 2.5 Beispiele für Apps und Tools für Lernzielkontrollen

| APP  | LINK   | QR-CODE   |
|--|--|---|
| <b>Kahoot!, Quizlet, Socrative:</b> Quiz selbst erstellen oder ein Quiz aus der Datenbank verwenden. | <u>Kahoot:</u><br><a href="https://apps.apple.com/de/app/kahoot-play-create-quizzes/id1131203560">https://apps.apple.com/de/app/kahoot-play-create-quizzes/id1131203560</a><br>[22.10.2020]                |    |
|  | <a href="https://play.google.com/store/search?q=kahoot&amp;c=apps&amp;hl=en">https://play.google.com/store/search?q=kahoot&amp;c=apps&amp;hl=en</a><br>[22.10.2020]  |    |
|  | <u>Quizlet:</u><br><a href="https://apps.apple.com/de/app/quizlet-karteikarten-lernen/id546473125">https://apps.apple.com/de/app/quizlet-karteikarten-lernen/id546473125</a><br>[22.10.2020]               |  |
|  | <a href="https://play.google.com/store/search?q=Quizlet&amp;c=apps&amp;hl=en">https://play.google.com/store/search?q=Quizlet&amp;c=apps&amp;hl=en</a><br>[22.10.2020]                                      |  |
|  | <u>Socrative:</u><br><a href="https://apps.apple.com/de/app/socrative-teacher/id477620120">https://apps.apple.com/de/app/socrative-teacher/id477620120</a> [22.10.2020]                                    |  |
|  | <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.socrative.teacher&amp;hl=de&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.socrative.teacher&amp;hl=de&amp;gl=US</a> [22.10.2020] |  |

### 3 Umsetzungsbeispiele

#### 3.1 BPE 2 Zelluläre Grundlagen des menschlichen Körpers:

##### MÖGLICHE STUNDENVERTEILUNG ZUR BPE 2

Insgesamt werden für die BPE 2 60 reguläre Stunden veranschlagt. 20 Stunden in Klammern entsprechen den Stunden in Gruppenteilung. Zusätzlich werden für die BPE 2 ca. 15 VIP-Stunden veranschlagt. Die hervorgehobenen Bildungsplaninhalte werden als exemplarische Unterrichtsstunden in dieser Handreichung ausgearbeitet und vorgestellt.

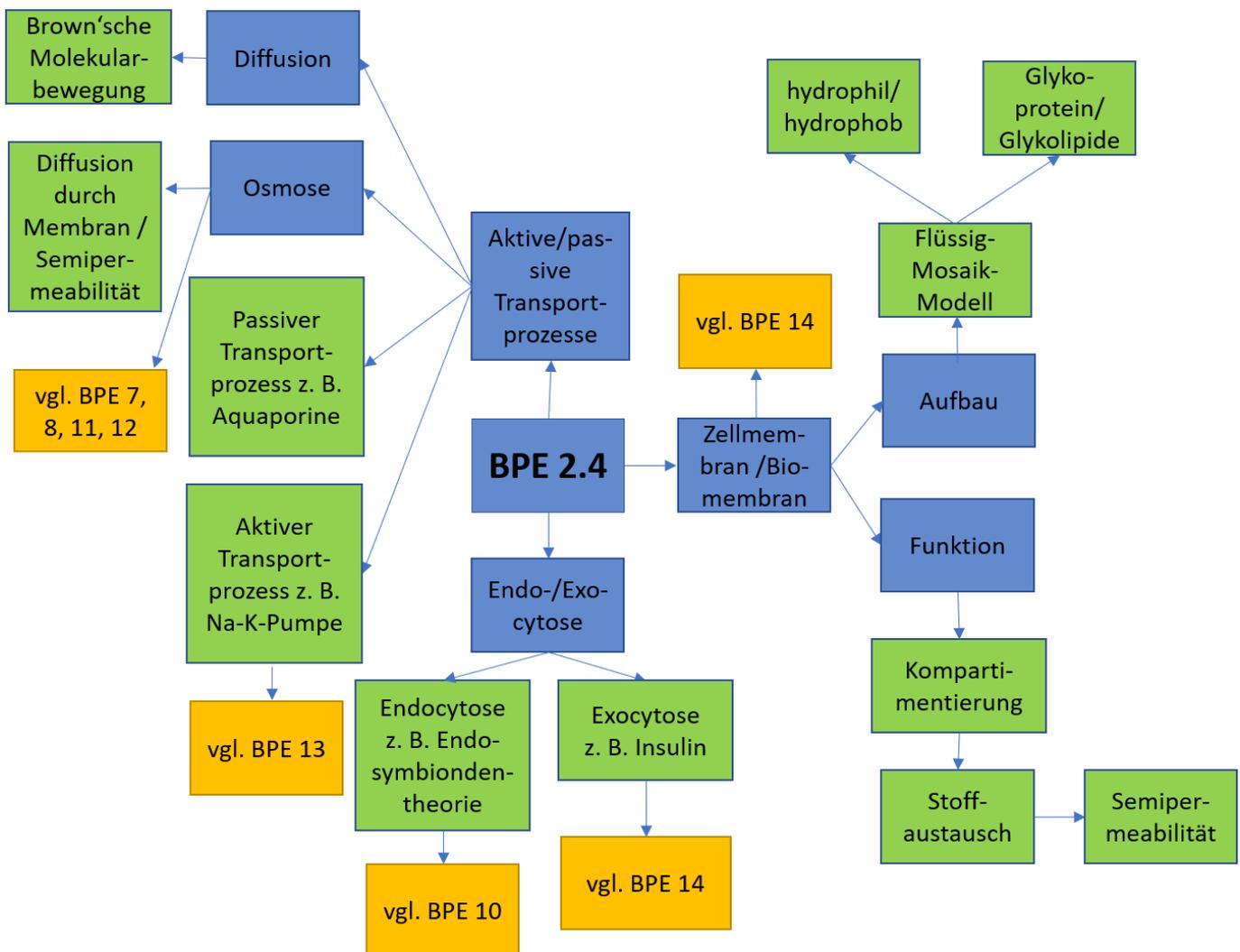
| BPE 2   | ZELLULÄRE GRUNDLAGEN DES MENSCHLICHEN KÖRPERS        | 60 (20)  |
|---------|--|----------|
| BPE 2.1 | Kennzeichen des Lebens                               | (1)      |
|         | Vom Atom zum Organismus                              | 1        |
|         | Organsysteme im Überblick                            | 1        |
|         |  | <b>3</b> |
| BPE 2.2 | Histologie   | 4        |
|         | Grundgewebearten des Menschen                        |          |
|         | Zelldifferenzierung                                  |          |
|         | Lichtmikroskopisches Bild                            | (2)      |
|         |  | <b>6</b> |
| BPE 2.3 | Procyte  | 1        |
|         | Eucyte   | 2 + (2)  |
|         | menschliche Zelle                                    |          |
|         | Überblick Zellorganellen: Aufbau und ihre Funktionen |          |
|         |  | <b>5</b> |
| BPE 2.4 | <b>Biomembran</b>                                    | 2        |
|         | Aufbau und Funktion                                  |          |
|         | Passive Transportprozesse                            | 2+(1)    |
|         | einfache und erleichterte Diffusion                  |          |
|         | <b>Osmose</b>  |          |
|         | Aktive Transportprozesse                             | 2+(1)    |
|         | primär und sekundär                                  |          |
|         | Endo- und Exocytose                                  |          |
|         |  | <b>8</b> |
| BPE 2.5 | Aufbau der DNA als Doppelhelix                       | 2        |
|         | Replikation der DNA                                  | 2+(2)    |
|         |  | <b>6</b> |
| BPE 2.6 | Proteine   | 3+(2)    |
|         | Aufbau der Aminosäure                                |          |
|         | Peptidbindung  |          |
|         | Proteinstruktur                                      |          |
|         | Funktion   |          |
|         |  | <b>5</b> |

| <b>BPE 2</b> | <b>ZELLULÄRE GRUNDLAGEN DES MENSCHLICHEN KÖRPERS</b>   | <b>60 (20)</b> |
|--------------|--|----------------|
| BPE 2.7      | Proteinbiosynthese<br><b>Transkription</b><br>RNA-Prozessierung<br>Eigenschaften des genetischen Codes<br>Translation  | 5+(2)          |
|              | <b>Regulation der Genexpression mit Signaltransduktion</b>   | 2              |
|              |  | <b>9</b>       |
| BPE 2.8      | Zellzyklus<br>Interphase<br>Kondensation der DNA<br>Mitose und Cytokinese  | 2              |
|              | Karyogramm   | (2)            |
|              | Mutationen<br>Genmutation<br>Chromosomenmutation   | 2+(1)          |
|              | Mutagene   | (2)            |
|              |  | <b>9</b>       |
| BPE 2.9      | Enzyme<br>Modellvorstellung zur Enzymwirkung<br>Substrat- und Wirkungsspezifität<br>Abhängigkeit der Enzymaktivität von Temperatur, pH-Wert, Substratkonzentration<br>Funktion | 4+(2)          |
|              | Hemmung von Enzymen<br>kompetitiv<br>nichtkompetitiv<br>allosterisch<br>irreversibel   | 3              |
|              |  | <b>9</b>       |

## 3.2 BPE 2.4 Biomembran, Transportprozesse, Endo- und Exocytose

Nachfolgend werden die Inhalte der BPE 2.4 in einer Mindmap dargestellt. Dabei wird farblich zwischen drei Ebenen unterschieden:

Blau hinterlegte Inhalte sind fachliche Oberbegriffe der Bildungsplaneinheit. Die grün hinterlegten Inhalte konkretisieren diese Oberbegriffe und sollen helfen, diese inhaltlich zu füllen. In den orangefarbenen Kästchen wird auf Vernetzungen und Zusammenhänge zu anderen Bildungsplaneinheiten verwiesen.



### MÖGLICHE VERLAUFSPLANUNG FÜR DIE BPE 2.4

Der Einstieg in die BPE 2.4 kann über den Vergleich verschiedener Modellvorstellungen (historische und aktuelle) für die Biomembran erfolgen, z. B. Singer & Nicolson, Gorter & Grendel.

Vergleiche zwischen den verschiedenen Modellvorstellungen lassen sich beispielsweise handlungsorientiert erarbeiten, indem die Schülerinnen und Schüler die einzelnen Bestandteile einer Biomembran haptisch an einem 2D-Modell zusammenlegen (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Biomembran – Modellvorstellung“).

Daran anschließend kann direkt der zelluläre Aufbau der Zellmembran anhand einer Abbildung erarbeitet werden, welche beschriftet wird. Von großer Bedeutung ist hier der Zusammenhang von Struktur und Funktion der Zellmembran (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Zellmembran – Aufbau und Transport“).

Die Semipermeabilität einer biologischen Membran lässt sich anschließend mit Modellversuchen zur Diffusion und Osmose veranschaulichen (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Schülerversuch zum Thema Osmose am Beispiel Blut“). Die verschiedenen Transportformen über eine biologische Membran werden in „aktiv“ und „passiv“ unterteilt und können beispielsweise anhand einer Abbildung erarbeitet werden (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Zellmembran – Aufbau und Transport“).

Als weiterer notwendiger Transportweg wird die Endocytose/Exocytose behandelt. Dies kann beispielsweise exemplarisch an der Insulinausschüttung erläutert werden.

#### 3.2.1 FACHLICHE HINWEISE

Die BPE 2.4 bildet die fachliche Grundlage für viele weitere Inhalte des Profulfachs (vgl. auch die Mindmap in 3.1.4). Der Vorgang der Osmose ist die Grundlage für die Inhalte der BPE 7, 8 und 12. Unter anderem, um den Transport von Hormonen (vgl. BPE 14) und auch das Entstehen des Ruhepotenzials (vgl. BPE 13) zu erarbeiten, ist der Transport über eine biologische Membran als Vorwissen nötig. Die Insulinausschüttung bei Diabetes mellitus (vgl. BPE 14) kann nur auf Wissensbasis der Exocytose fachlich korrekt verstanden werden.

#### 3.2.2 DIDAKTISCHE HINWEISE

Die 20 Teilungsstunden in der Bildungsplaneinheit 2 (siehe mögliche Stundenverteilung der BPE 2) können unter anderem zum Mikroskopieren von Zellen und zum Herstellen eines Zellmembranmodells verwendet werden oder aber für Experimente in der Enzymatik. Die Erarbeitung anhand von Experimenten ist auch im Profulfach für die Lernenden eine Unterstützung, Fachinhalte zu erarbeiten und zu verstehen. Daher wird für die BPE 2.4 eine exemplarische Unterrichtsstunde zur Osmose vorgestellt, in welcher der Vorgang der Osmose anhand eines Schülerexperiments unterrichtet wird. Darüber hinaus wird Arbeitsmaterial zur Biomembran und Zellmembran als Beispiel für die BPE 2.4 vorgestellt. In dieser Stunde wird unter anderem die kompetenzorientierte Erarbeitung der Biomembran anhand der selbstständigen Entwicklung eines Modells beschrieben.

### 3.2.3 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Der unter 3.1.2 beispielhafte Verlauf für die BPE 2.4 beinhaltet verschiedene Methoden zur Erarbeitung von Inhalten im Unterricht. So lässt sich die Modellvorstellung der Biomembran handlungsorientiert und historisch-motiviert von den Lernenden am eigenen Modell entwickeln. Ergänzend dazu können die Lernenden ein Erklärvideo selbstständig erstellen (vgl. Digitale Medien 2.4) und die Entwicklung des Biomembranmodells begründet anhand des eigenen Modells erläutern. Der Vorgang der Osmose wird von den Lernenden selbstständig mithilfe eines Experiments erarbeitet. Dabei wird Bezug auf das Profil genommen, indem der Vorgang der Osmose am Beispiel Blut unterrichtet wird. Um Ergebnissicherungen zu gewährleisten, gibt es immer wieder Plenumsphasen.

### 3.2.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Nachfolgend wird eine konkrete Unterrichtsstunde der BPE 2.4 vorgestellt. Eine Übersicht bietet der tabellarische Stundenverlaufsplan. Die zugehörigen Arbeitsblätter und Lösungsvorschläge folgen dann entsprechend.

#### STUNDENVERLAUFSPLANUNG DETAILLIERT ZUM THEMA „OSMOSE“

| <b>Ziele der Unterrichtsstunde, die Schülerinnen und Schüler sollen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• begründet Hypothesen aufstellen und diese später verifizieren/falsifizieren</li> <li>• ein Experiment in Kleingruppen selbstständig durchführen</li> <li>• das Prinzip der Osmose erläutern</li> <li>• den Unterschied von Osmose und Diffusion erklären</li> </ul> |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <b>Vorkenntnisse:</b><br>Molekulare Vorgänge der Diffusion, molekulare Zusammensetzung einer 0,9%igen Kochsalzlösung und einer 10%igen Kochsalzlösung, Zusammensetzung und Bestandteile von Kunstblut   |   |  |   |
| ZEIT (MIN.)   | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR   | LEHR-SOZIAL-FORM   | MEDIEN/ANLAGEN  |
| ca. 10'   | <b>Einstieg:</b><br>Problemorientiert:<br>Mit den SuS wird die Frage diskutiert, warum das Schlucken großer Mengen an Meerwasser gesundheitsschädlich ist.<br>Das Vorwissen der SuS wird dabei aktiviert und erste Impulse der SuS können für das darauffolgende Osmose-Experiment am Beispiel Blut genutzt werden. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler- Gespräch</li> </ul> <p><b>Eine Sicherheitsbelehrung der SuS für das Experiment muss erfolgen.</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentenkamera</li> <li>• Tafel</li> </ul>                           |
| ca. 15'   | <b>Erarbeitungsphase:</b><br>Durchführung und Dokumentation des Experiments durch die SuS.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partnerarbeit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt „Schülerversuch zum Thema Osmose am Bsp. Blut“</li> </ul> |

| ZEIT<br>(MIN.) | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR  | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN  |
|----------------|--|---|---|
| ca. 10'        | <b>Ergebnissicherung:</b><br>Gemeinsame Auswertung des Experiments und Vergleich der Ergebnisse der Gruppen. Gemeinsame Definition des Osmose-Vorgangs schriftlich fixieren.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentenkamera</li> <li>• Tafel</li> </ul> |
| ca. 10'        | <b>Lernzielkontrolle:</b><br>Die zum Einstieg formulierten Hypothesen der SuS werden aufgrund des nun erworbenen Wissens der SuS gemeinsam verifiziert bzw. falsifiziert.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tafel</li> </ul>                             |
| ca. 5'         | <b>Transfer:</b><br>Die Fragestellung dient der Anwendung und Übertragung des Gelernten auf einen neuen Sachverhalt.<br><br>Fragestellung:<br>Bei süßwasserlebenden, tierischen Einzellern tritt im Gegensatz zu pflanzlichen Einzellern eine sogenannte „kontraktile (= pulsierende) Vakuole“ auf. Erklären Sie diesen Sachverhalt. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelarbeit</li> </ul>            |   |

**ARBEITSBLATT ZUM THEMA „OSMOSE“**

|                   |                                   |       |
|-------------------|-----------------------------------|-------|
| BPE<br><b>2.4</b> | Thema<br><b>Osmose-Experiment</b> | Datum |
|-------------------|-----------------------------------|-------|

Mit dem vorliegenden Arbeitsblatt erarbeiten die Lernenden anhand eines Experiments selbstständig den Vorgang der Osmose.

**Material:**

- 50 ml Kunstblut
- 10 ml destilliertes Wasser
- 10 ml 0,9%ige Kochsalzlösung
- 10 ml 10%ige Kochsalzlösung
- 4 Reagenzgläser mit je 25 ml Fassungsvermögen
- Reagenzglasständer

**Durchführung:**

Stellen Sie die 4 Reagenzgläser in den Reagenzglasständer.

**Füllen Sie in:**

Ansatz 1 20 ml Kunstblut

Ansatz 2 10 ml Kunstblut und 10 ml destilliertes Wasser

Ansatz 3 10 ml Kunstblut und 10 ml 0,9%ige Kochsalzlösung

Ansatz 4 10 ml Kunstblut und 10 ml 10%ige Kochsalzlösung.

Die Ansätze 2–4 werden vorsichtig zur Vermischung geschwenkt.

**Beobachtung**

Ansatz 1:                      Ansatz 2:                      Ansatz 3:                      Ansatz 4:

---



---



---

**Erklärung**

Ansatz 1:                      Ansatz 2:                      Ansatz 3:                      Ansatz 4:

---



---



---



---

**Lösungsvorschlag****Beobachtung**

Ansatz 1: Es ist keine Veränderung sichtbar.

Ansatz 2: Die Flüssigkeit ist rosa gefärbt.

Ansatz 3: Keine Veränderung sichtbar, durch die Verdünnung lediglich heller als Probe A.

Ansatz 4: Die Blutzellen (Erythrozyten) schrumpfen zu einer Ansammlung am Grund zusammen.

**Erklärung**

Ansatz 1: Die Probe dient als Vergleichsprobe. Es ist nur das Kunstblut enthalten.

Ansatz 2: Durch den erhöhten Salzgehalt in den Blutzellen (Erythrozyten) und das osmotische Gefälle dringt destilliertes Wasser in die Zellen ein. Die Zellmembranen können dem Innendruck durch das Wasser nicht standhalten, sodass die Zellen platzen. Der rote Blutfarbstoff läuft aus.

Ansatz 3: Außerhalb und innerhalb der Blutzellen (Erythrozyten) besteht ein identischer Salzgehalt. Dieser Zustand wird isotonischer Zustand genannt. Die Blutzellen bleiben unverändert.

Ansatz 4: Aufgrund des höheren Salzgehalts der Lösung außerhalb der Blutzellen, wird Wasser aus den Zellen herausgezogen. Als Ergebnis schrumpfen die Blutzellen.

**ARBEITSBLATT ZUM THEMA „BIOMEMBRAN – MODELLVORSTELLUNG“**

|            |  |       |
|------------|--|-------|
| BPE<br>2.4 | Thema<br><b>Biomembran – Modellvorstellung</b> | Datum |
|------------|--|-------|

Das vorliegende Arbeitsblatt dient der Erarbeitung einer Modellvorstellung der Biomembran.

**Arbeitsauftrag 1**

In Abbildung 1 ist ein historisches (wissenschaftlich veraltetes) Modell der Biomembran abgebildet. Beschreiben Sie das veraltete Modell und begründen Sie, welche Strukturen in diesem Modell fehlen, damit die Zelle all ihre Funktionen erfüllen kann.

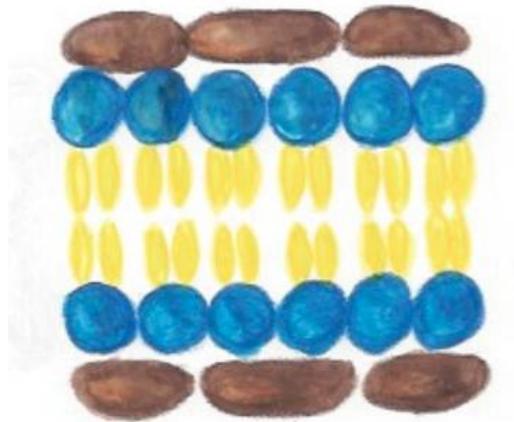


Abb. 1: historisches Biomembranmodell

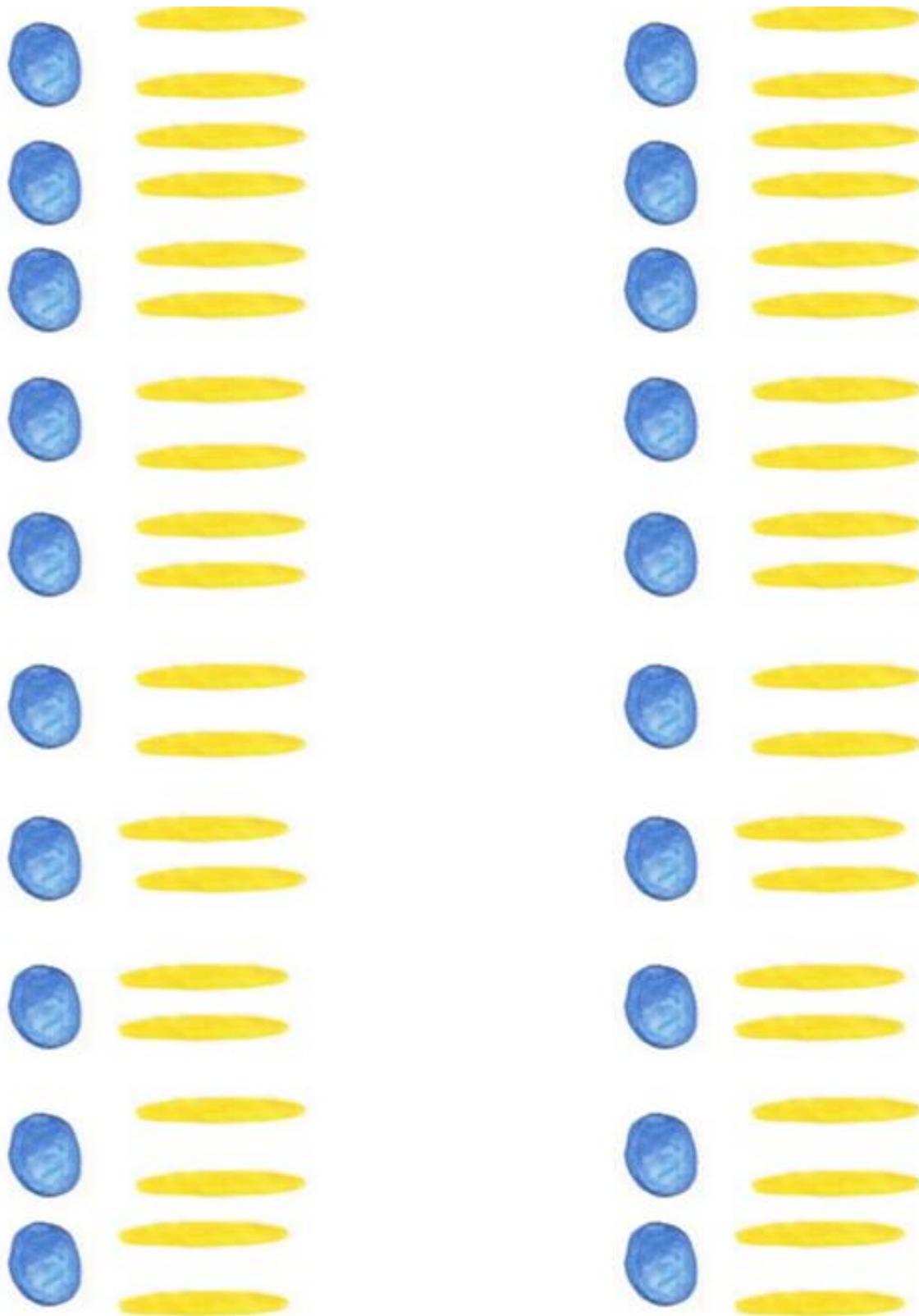
**Arbeitsauftrag 2**

Schneiden Sie die Bestandteile des wissenschaftlich aktuellen Modells (Flüssig-Mosaik-Modell) der Biomembran aus (siehe Extrablätter) und ordnen Sie sie so an, wie diese in der Zelle vorliegen würden. Erläutern Sie die Unterschiede der beiden Modelle.

**Ergänzung:**

Erstellen Sie mithilfe Ihres eigenen Membran-Modells ein Erklärvideo, in welchem Sie die historische Entwicklung des Biomembranmodells begründet erläutern. Erstellen Sie das Video mithilfe einer App (z. B. iMovie).

KOPIERVORLAGE „BIOMEMBRAN“ ZUM ARBEITSBLATT: BIOMEMBRAN – MODELLVORSTELLUNG



**ARBEITSBLATT ZUM THEMA „ZELLMEMBRAN – AUFBAU UND FUNKTION“**

|            |   |       |
|------------|---|-------|
| BPE<br>2.4 | Thema<br><b>Zellmembran – Aufbau und Funktion</b> | Datum |
|------------|---|-------|

Das vorliegende Arbeitsblatt dient der Erarbeitung des Aufbaus der Zellmembran. Darüber hinaus wird der Struktur-Funktions-Zusammenhang biologischer Membranen erarbeitet.

**Arbeitsauftrag 1**

Beschriften Sie die Nummern 1–6 der in Abbildung 1 dargestellten Zellmembran.

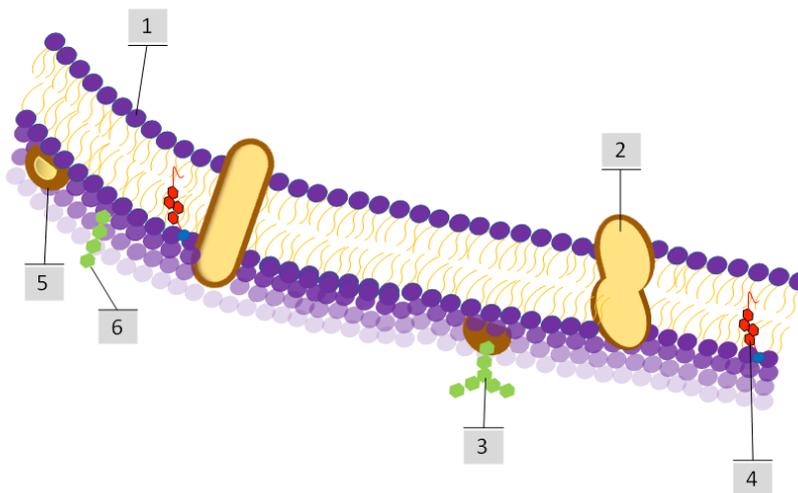


Abb. 2: Aufbau der Zellmembran

**Arbeitsauftrag 2**

Nennen Sie Eigenschaften der Zellmembran, die sich aus ihrem Aufbau ergeben. Erläutern Sie den Unterschied der beiden Begriffe „Biomembran“ und „Zellmembran“.

**Arbeitsauftrag 3**

In Abbildung 2 sind die Transportmechanismen über eine biologische Membran schematisch dargestellt. Erläutern Sie die verschiedenen Mechanismen anhand der Abbildung und nennen Sie Beispiele für Stoffe, die auf dem jeweiligen Weg transportiert werden.

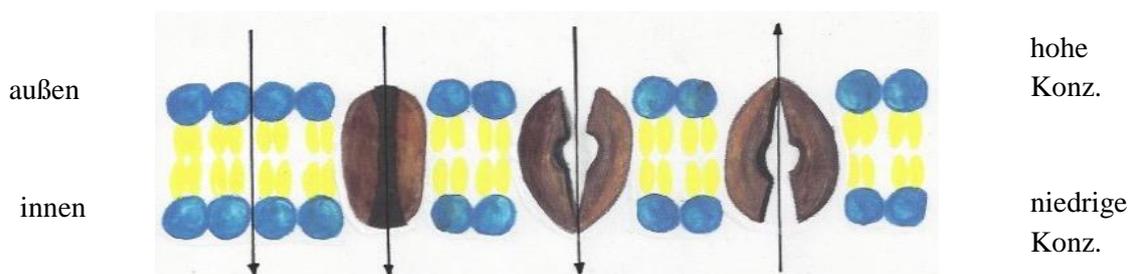


Abb. 3: Transport über eine biologische Membran

**Lösungsvorschlag****Arbeitsauftrag 1**

Beschriften Sie die Nummern 1–6 der in Abbildung 1 dargestellten Zellmembran.

- |   |  |
|---|--|
| <i>1 – Lipiddoppelschicht</i>                 | <i>4 – Cholesterinmolekül</i>                  |
| <i>2 – Membranprotein</i>                     | <i>5 – Transmembranprotein (Tunnelprotein)</i> |
| <i>3 – Kohlenhydratkette an einem Protein</i> | <i>6 – Kohlenhydratkette an einem Lipid</i>    |

**Arbeitsauftrag 2**

Nennen Sie Eigenschaften der Zellmembran die sich aus ihrem Aufbau ergeben.

*Bei dieser Aufgabe soll der Struktur-Funktions-Zusammenhang zwischen Bau und Funktion der Zellmembran deutlich werden.*

*Z. B.:*

- Die Zellmembran weist hydrophile Eigenschaften zum Zellinnenraum und zum äußeren Milieu auf.*
- Die Zellmembran ist beweglich und nicht starr (vgl. „Flüssig-Mosaik-Modell“).*
- Die Zellmembran ermöglicht Kompartimentierung innerhalb der Zelle.*
- Die Zellmembran ermöglicht Stofftransport zwischen dem Zellinneren und dem extrazellulären Raum (durch integrale Proteine).*

Erläutern Sie den Unterschied der beiden Begriffe „Biomembran“ und „Zellmembran“. *Bei der Biomembran handelt es sich um die Membran von Zellorganellen, also um eine Membran im Zellinneren. Die Zellmembran dagegen umschließt die Zelle und grenzt sie zum extrazellulären Raum ab.*

**Arbeitsauftrag 3**

In Abbildung 2 sind die Transportmechanismen über eine biologische Membran schematisch dargestellt.

Erläutern Sie die verschiedenen Mechanismen anhand der Abbildung und nennen Sie Beispiele für Stoffe, die auf dem jeweiligen Weg transportiert werden.

*Von links nach rechts:*

- einfache Diffusion, z. B. Sauerstoffmoleküle*
- kanalvermittelte Diffusion, z. B. Aquaporine, die selektiv durchlässig sind für Wassermoleküle*
- carriervermittelte Diffusion, z. B. Glucosemoleküle*
- Transport, der Energie benötigt, z. B. Natrium-Kalium-Pumpe*

### 3.2.5 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Materialiensammlung des Lehrerfortbildungsservers Baden-Württemberg. Experiment mit Rotkohl zum Nachweis von Membranbestandteilen, sowie weitere Materialien zur Osmose. Verfügbar unter: [https://lehrerfortbildung-bw.de/u\\_matnatech/bio/gym/bp2004/fb4/1\\_mem/1\\_osmose/](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb4/1_mem/1_osmose/) [18.04.2020].



Nachschlagewerk für Biologie. Verfügbar unter: <http://www.biologie-schule.de/osmose.php> [18.04.2020].



Unterrichtsmaterialien des Landesbildungsserver Baden-Württemberg: Versuche zu Diffusion und Osmose. Verfügbar unter: <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/biologie/unterrichtsmaterialien/sek2/zellbio/osmose> [18.04.2020].



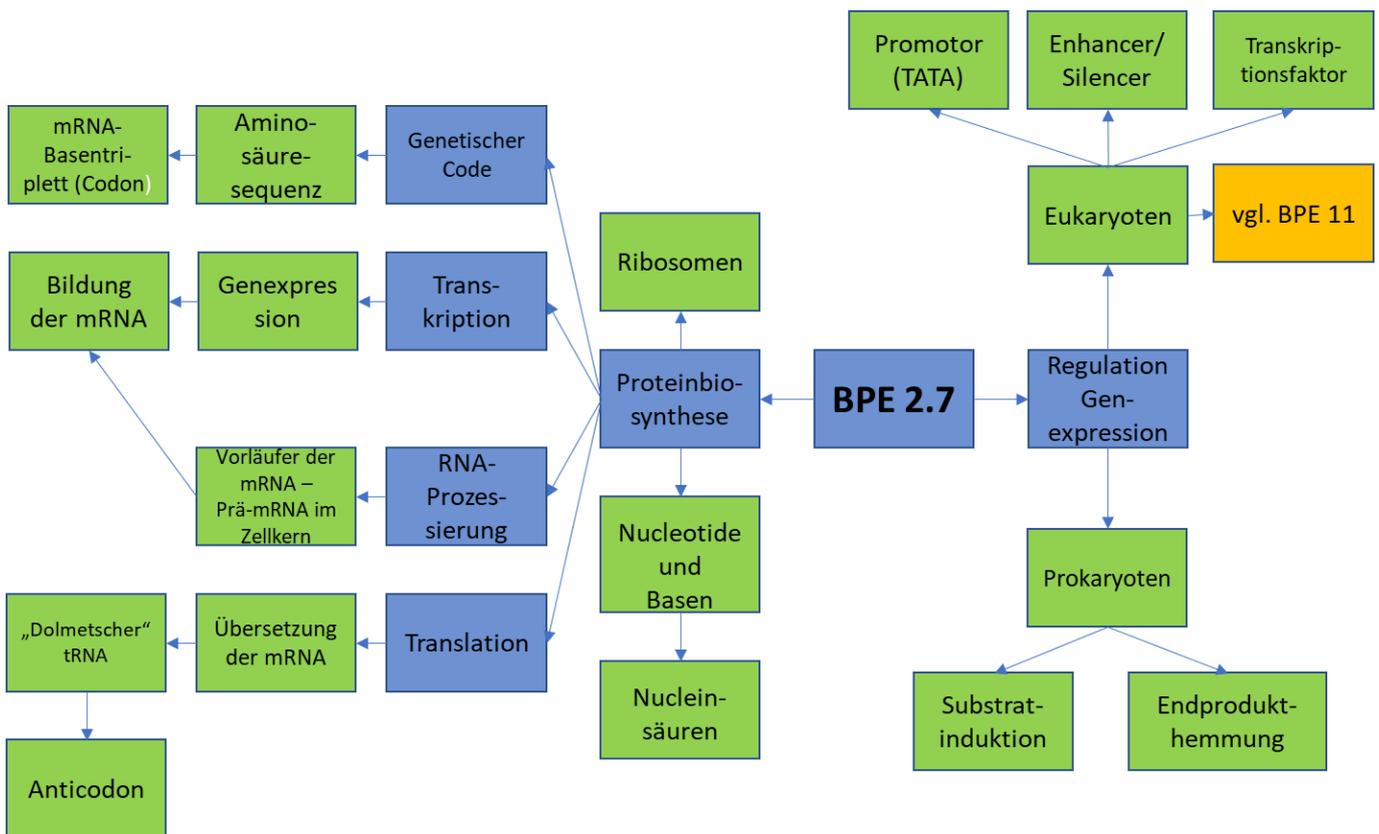
Planet Schule: Versuch zur Osmose mit Simulation. Verfügbar unter: <https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-simulationen-detail.php?projekt=osmose> [18.04.2020].



### 3.3 BPE 2.7 Proteinbiosynthese, Regulation der Genexpression

Nachfolgend werden die Inhalte der BPE 2.7 in einer Mindmap dargestellt. Dabei wird farblich zwischen drei Ebenen unterschieden.

Blau hinterlegte Inhalte sind fachliche Oberbegriffe der Bildungsplaneinheit. Die grün hinterlegten Inhalte konkretisieren diese Oberbegriffe und sollen helfen, diese inhaltlich zu füllen. In dem orangefarbenen Kästchen wird auf Vernetzungen und Zusammenhänge zu einer anderen Bildungsplaneinheit verwiesen.



### **MÖGLICHE VERLAUFSPLANUNG FÜR DIE BPE 2.7**

Der Einstieg in die BPE 2.7 kann beispielsweise mit einem Überblick über die Proteinbiosynthese erfolgen. So kann deutlich gemacht werden, welche Resultate und Nutzen diese hat, aber auch, welche Prozesse nötig sind, damit die Proteinbiosynthese ablaufen kann. Dieser Überblick bildet die Grundlage für die BPE 2.7 und kann immer wieder zur Überprüfung des momentanen Wissensstandes hinzugezogen werden. Daran anschließend wird dann ins Detail gegangen und der Vorgang der Proteinbiosynthese wird erarbeitet. So kann von der Makro-Ebene aus die Mikro-Ebene betrachtet werden. Der Vorgang der Transkription kann zum Beispiel anhand einer beschrifteten Abbildung und eines Lückentextes erarbeitet werden (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Transkription“). Die Lernenden kennen bereits die Replikation aus der BPE 2.5 und können ihr Wissen dazu nun für den Ablauf der Transkription erweitern. Daran anschließend setzen sich die Lernenden mit der Translation auseinander. Um schließlich die Vorgänge der Regulation der Genexpression erläutern und darstellen zu können, müssen die Lernenden ihr erworbenes Wissen zur Proteinbiosynthese anwenden (siehe Vorlage Arbeitsblatt „Genregulation – Substratinduktion“) und vertiefen.

#### **3.3.1 FACHLICHE HINWEISE**

Die BPE 2.7 bildet ebenfalls die fachliche Grundlage für weitere Inhalte des Profulfachs. So ist das Verstehen des Vorgangs der Proteinbiosynthese beispielsweise essenziell, um die Entstehung und Klassifizierung von Mutationen zu erarbeiten. Um Intoleranzen (z. B. Laktoseintoleranz vgl. BPE 11) auf genetischer Ebene zu verstehen, ist es wiederum unabdingbar, die Regulation der Genexpression zu kennen.

#### **3.3.2 DIDAKTISCHE HINWEISE**

Die BPE 2.7 behandelt als Teil der BPE 2 „Zelluläre Grundlagen des menschlichen Körpers“ das Thema Proteinbiosynthese und Regulation der Genexpression. Die Schülerinnen und Schüler sollen in dieser Bildungsplaneinheit die dann erworbenen Kenntnisse zur Proteinbiosynthese anwenden, um die Regulation der Genexpression erläutern zu können.

Die Erarbeitung eines Inhaltes mithilfe einer schematischen Abbildung ist für die Lernenden eine Unterstützung, um Fachinhalte zu erarbeiten und zu verstehen. Daher wird für die BPE 2.7 eine exemplarische Unterrichtsstunde zur Substratinduktion vorgestellt, in welcher der Ablauf dieser Substratinduktion anhand einer schematischen Abbildung erarbeitet wird. Um die Anforderung an die Lernenden anschließend zu erhöhen, erläutern sie dann den Vorgang der Substratinduktion in eigenen Worten.

Darüber hinaus wird Arbeitsmaterial zur Transkription als Beispiel für die BPE 2.7 vorgestellt.

#### **3.3.3 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN**

Der unter 3.3.4 dargestellte beispielhafte Verlauf für die BPE 2.7 beinhaltet verschiedene Methoden zur Erarbeitung von Inhalten im Unterricht. So lässt sich die Substratinduktion mithilfe eines Fachtextes anlesen, zum tieferen Verständnis soll dieses Wissen dann direkt auf eine schematische Zeichnung des Vorgangs übertragen werden (vgl. Arbeitsblatt „Regulation der Genexpression – Substratinduktion“).

Das Aufstellen von Hypothesen ist ein wichtiges Vorgehen in naturwissenschaftlichen Fächern, um Inhalte auch tief greifend zu verstehen und Forschungsergebnisse historisch nachvollziehen zu können. Das Aufstellen der Hypothesen mithilfe einer App (vgl. Digitale Medien 2.4) macht es nicht nur möglich, dass wirklich alle Lernenden Notizen zum Sachverhalt formulieren können bzw. sogar müssen, sondern auch, dass zu allen formulierten Hypothesen am Ende der Stunde Rückmeldung gegeben werden kann (Wertschätzung der Leistung der Lernenden). Darüber hinaus ermöglicht das Nutzen einer App eine gewisse Anonymität für den Lernenden beim Aufstellen einer Hypothese.

**3.3.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN**

Nachfolgend wird eine konkrete Unterrichtsstunde der BPE 2.7 vorgestellt. Eine Übersicht bietet der tabellarische Stundenverlaufsplan. Die zugehörigen Arbeitsblätter und Lösungsvorschläge folgen.

**STUNDENVERLAUFSPLANUNG DETAILLIERT ZUM THEMA „REGULATION DER GENEXPRESSION“**

| <b>Ziele der Unterrichtsstunde, die Schülerinnen und Schüler sollen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• begründete Hypothesen aufstellen</li> <li>• Gründe nennen, warum eine Regulation der Genexpression sinnvoll ist</li> <li>• den Vorgang der Substratinduktion erklären</li> <li>• aufgestellte Hypothesen nach einem Wissenszuwachs beurteilen</li> </ul> |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Vorkenntnisse:</b><br>Überblick über die Proteinbiosynthese, Bakterien, Definition von Proteinen, Aufbau der DNA  |   |  |  |
| <b>ZEIT (MIN.)</b>   | <b>LERNPHASEN/ DIDAKTISCHER KOMMENTAR</b>   | <b>LEHR-SOZIAL-FORM</b>  | <b>MEDIEN/ANLAGEN</b>  |
| ca. 5'   | <b>Einstieg:</b><br>Problemorientiert<br>Die SuS diskutieren vor dem Hintergrund der Konkurrenzfähigkeit von Bakterien die Notwendigkeit der Produktionsanpassung von Proteinen. Die SuS stellen Hypothesen mit einer digitalen Pinnwand auf, wie Bakterien ihre Produktproduktionen anpassen können. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> <li>• Einzelarbeit mit digitalem Endgerät</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• digitale Pinnwand</li> </ul>  |
| ca. 15'  | <b>Erarbeitungsphase:</b><br>SuS bearbeiten das AB mithilfe eines Infotextes (z. B. Schulbuch).   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partnerarbeit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt „Regulation der Genexpression“</li> </ul>                                |
| ca. 10'  | <b>Ergebnissicherung:</b><br>Gemeinsame Besprechung des AB und Vergleich der Ergebnisse. Gemeinsame Definition der Substratinduktion schriftlich fixieren.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentenkamera</li> <li>• Tafel</li> </ul>  |
| ca. 5'   | <b>Lernzielkontrolle:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die zum Einstieg formulierten Hypothesen der SuS werden aufgrund des nun erworbenen Wissens der SuS mit einer digitalen Pinnwand veri-/falsifiziert.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> <li>• Einzelarbeit mit digitalem Endgerät</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• digitale Pinnwand</li> </ul>  |
| ca. 10'  | <b>Transfer:</b><br>Die SuS formulieren den Ablauf einer Endprodukthemmung anhand eines Schemas (ohne Infotext), indem sie ihr erworbenes Wissen transferieren.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partnerarbeit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildung einer Endprodukthemmung (z. B. das Tryptophan-Operon von E.coli)</li> </ul> |

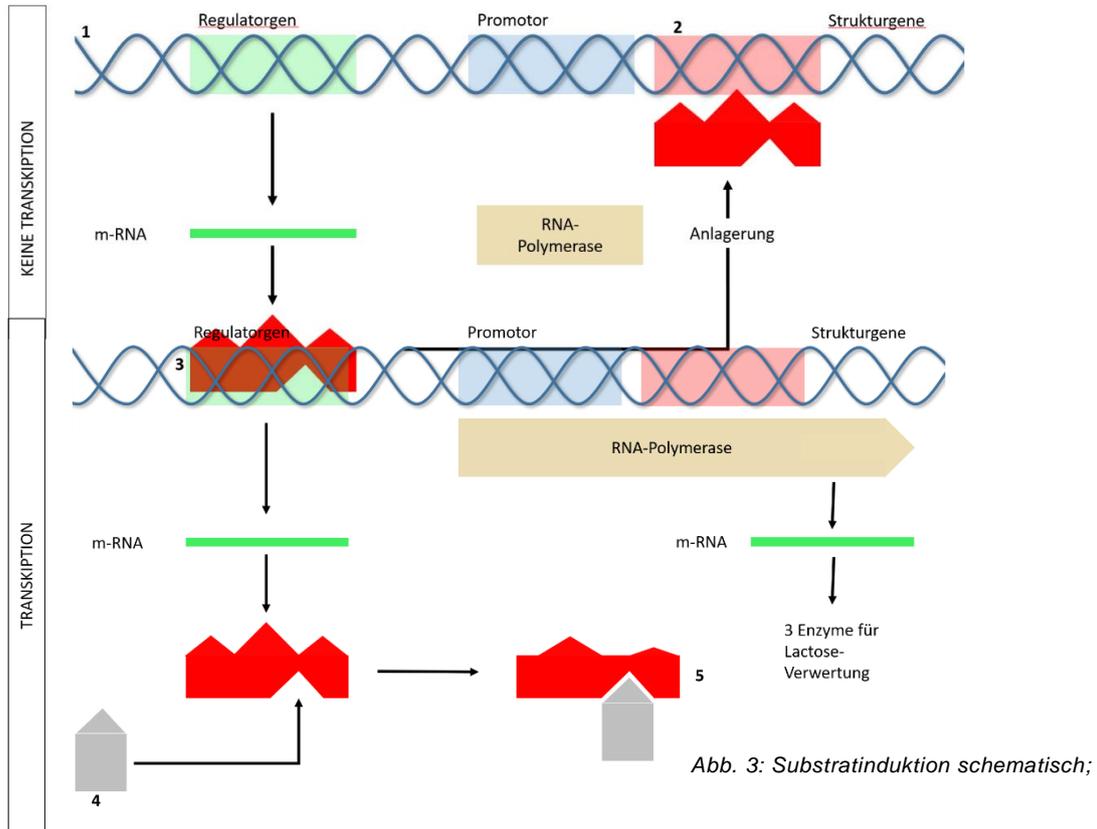
**ARBEITSBLATT: REGULATION DER GENEXPRESSION – SUBSTRATINDUKTION**

|            |   |       |
|------------|---|-------|
| BPE<br>2.7 | Thema<br><b>Genregulation bei Prokaryoten – Substratinduktion</b> | Datum |
|------------|---|-------|

Das vorliegende Arbeitsblatt dient der Erarbeitung der Substratinduktion bei Bakterien.

**Arbeitsauftrag 1**

Beschriften Sie die Nummern 1–5 der in der Abbildung dargestellten Substratinduktion.



**Arbeitsauftrag 2**

Beschreiben Sie in eigenen Worten den Ablauf der oben abgebildeten Substratinduktion.

**Lösungsvorschlag****Arbeitsauftrag 1**

Beschriften Sie die Nummern 1–5 der in Abbildung dargestellten Substratinduktion.

- 1 – DNA
- 2 – Operator
- 3 – Repressor (aktiv)
- 4 – Substrat (hier: Lactose)
- 5 – Repressor (inaktiv)

**Arbeitsauftrag 2**

Beschreiben Sie in eigenen Worten den Ablauf der oben abgebildeten Substratinduktion.

*Ist kein Substrat vorhanden, so liegt der Repressor im aktiven Zustand vor. Der Repressor bindet an einen bestimmten Bereich (Operator) hinter dem Promotor und verhindert so die Transkription der Strukturgene. Ist hingegen Substrat vorhanden, so bindet dieses bzw. ein Zwischenprodukt des Substrats an den Repressor, wodurch dieser wiederum durch eine Konformationsänderung nicht mehr in der Lage ist, an den Operator zu binden. Somit können die Strukturgene exprimiert werden. So wird sichergestellt, dass keine Ressourcen verschwendet werden, und die Genexpression nur dann stattfindet, wenn genügend Substrat (hier Lactose) vorhanden ist, das abgebaut werden soll.*

## Weitere Arbeitsmaterialien zur BPE 2.7

|            |                               |       |
|------------|-------------------------------|-------|
| BPE<br>2.7 | Thema<br><b>Transkription</b> | Datum |
|------------|-------------------------------|-------|

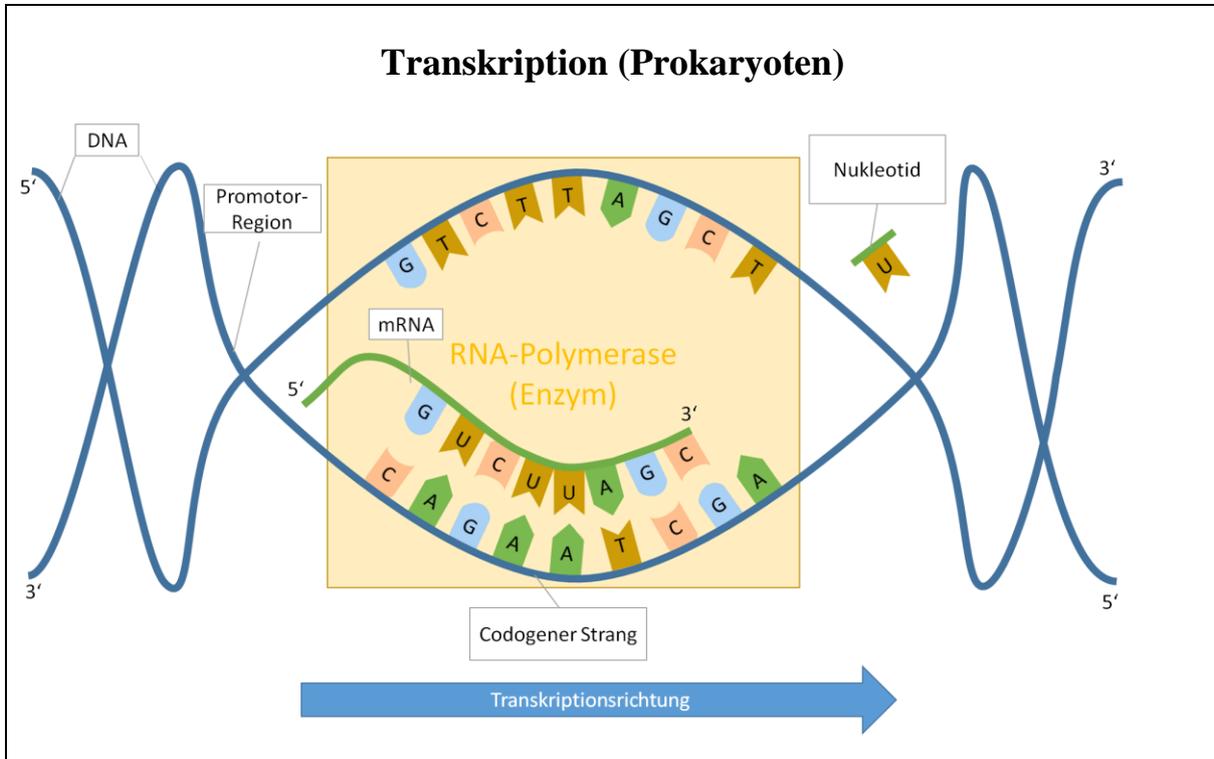


Abbildung 4: Ablauf der Transkription

**Arbeitsauftrag 1:**

In Abbildung 1 ist der Vorgang der Transkription schematisch dargestellt.

Ergänzen Sie die Lücken auf dem Arbeitsblatt „Ablauf der Transkription“ mithilfe der Abbildung.

**Arbeitsauftrag 2:**

Bearbeiten Sie mithilfe der Abbildung und der Ergebnisse aus Arbeitsauftrag 1 die folgenden Aufgaben schriftlich:

- a) Benennen Sie drei Unterschiede zwischen der DNA und der mRNA.
- b) Erklären Sie, welche Funktionen die RNA-Polymerase bei der Transkription hat.

**Ergänzung:**

Gehen Sie in Gruppen (ca. 5 Personen) zusammen. Stellen Sie den Vorgang der Transkription als Schauspiel dar.

Nutzen Sie dazu die in Arbeitsauftrag 1 und 2 erarbeiteten Inhalte.

### Ablauf der Transkription (Prokaryoten)

Bei der Transkription werden bestimmte Abschnitte der DNA in mRNA (messenger ribonucleinacid) umgeschrieben. Die mRNA wird anschließend zu den Ribosomen transportiert. Dort findet der zweite Teil der Proteinbiosynthese statt – die Translation, also die „Übersetzung“ der mRNA in Proteine.

Die Transkription lässt sich grob in drei Schritte unterteilen:

- Initiation („Startphase“)
- Elongation („Verlängerungsphase“)
- Termination („Endphase“)

Während der Initiation bindet das Enzym RNA-Polymerase an bestimmte \_\_\_\_\_ der DNA. Hinter dieser sogenannten Promotor-Region wird die \_\_\_\_\_ durch die RNA-Polymerase blasenartig \_\_\_\_\_.

Um die DNA zu entwenden, müssen \_\_\_\_\_ zwischen den Basenpaaren aufgelöst werden.

Während der Elongation kommt es dann zur Umschreibung von der DNA in die mRNA. Die \_\_\_\_\_ wandert dabei an der DNA von 3' nach 5'-Richtung und synthetisiert durch Anlagerung freier Ribonukleotide einen zur DNA komplementären und antiparallelen mRNA-Teilstrang. Dieser weist dann entsprechend eine \_\_\_\_\_-Richtung auf. Dabei paart Cytosin(C) mit Guanin(G) und Adenin(A) mit \_\_\_\_\_. In der mRNA ist somit statt der Base \_\_\_\_\_ die Base Uracil enthalten. Der 3'-5'-Richtung DNA-Strang wird \_\_\_\_\_ Strang genannt.

Während der Termination wird die Transkription beendet. Eine sogenannte Terminatorsequenz (bestimmte Basensequenz) signalisiert das Ende der Transkription. Der mRNA-Strang und die \_\_\_\_\_ lösen sich von der DNA. Die teilweise entwundene DNA-Doppelhelix \_\_\_\_\_ verknäult sich \_\_\_\_\_ wieder. Die mRNA dient später dann an den \_\_\_\_\_ als „Anleitung“ zur Produktion von Proteinen.

## Lösungsvorschlag

**Arbeitsauftrag 1:****Ablauf der Transkription (Prokaryoten)**

Bei der Transkription werden bestimmte Abschnitte der DNA in mRNA (messenger ribonucleinacid) umgeschrieben. Die mRNA wird anschließend zu den Ribosomen transportiert. Dort findet der zweite Teil der Proteinbiosynthese statt – die Translation, also die „Übersetzung“ der mRNA in Proteine.

Die Transkription lässt sich grob in drei Schritte unterteilen:

- Initiation („Startphase“)
- Elongation („Verlängerungsphase“)
- Termination („Endphase“)

Während der Initiation bindet das Enzym RNA-Polymerase an bestimmte **Basensequenzen** der DNA. Hinter dieser sogenannten Promotor-Region wird die **DNA-Doppelhelix** durch die RNA-Polymerase blasenartig **geöffnet**. Um die DNA zu entwinden, müssen **Wasserstoffbrücken** zwischen den Basenpaaren aufgelöst werden.

Während der Elongation kommt es dann ganz konkret zur Umschreibung von der DNA in die mRNA. Die **RNA-Polymerase** wandert dabei entlang der DNA von 3' nach 5'-Richtung und synthetisiert durch Anlagerung freier Ribonukleotide einen zur DNA komplementären mRNA-Teilstrang. Dieser weist dann entsprechend eine **5' nach 3'**-Richtung auf. Dabei paart Cytosin(C) mit Guanin(G) und Adenin(A) mit **U (Uracil)**. In der mRNA ist somit statt der Base **Thymin** die Base Uracil enthalten. Der 3'–5'-Richtung DNA-Strang wird **codogener** Strang genannt. Während der Termination wird die Transkription beendet. Eine sogenannte Terminatorsequenz (bestimmte Basensequenz) signalisiert das Ende der Transkription. Der mRNA-Strang und die **RNA-Polymerase** lösen sich von der DNA. Die teilweise entwundene DNA-Doppelhelix verknäult sich wieder.

Die mRNA dient später dann an den **Ribosomen** als „Anleitung“ zur Produktion von Proteinen.

**Lösungsvorschlag****Arbeitsauftrag 2:**

Bearbeiten Sie mithilfe der Abbildung und der Ergebnisse aus Arbeitsauftrag 1 die folgenden Aufgaben schriftlich:

- a) Benennen Sie drei Unterschiede zwischen der DNA und der mRNA.
- z. B.:  
In der DNA sind die vier Basen Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin enthalten, in der mRNA die Base Uracil statt Thymin.  
Die DNA liegt als Doppelhelix vor, die mRNA ist einsträngig.
  - In der DNA ist Desoxyribose enthalten, in der mRNA die Ribose (vgl. Benennung).
- b) Erklären Sie, welche Funktionen die RNA-Polymerase bei der Transkription hat.
- Die RNA-Polymerase öffnet die DNA-Doppelhelix im Bereich hinter der Promotorsequenz.
  - Die RNA-Polymerase bewegt sich auf der DNA in 3'-5'-Richtung fort und katalysiert die Synthese eines mRNA-Strangs komplementär und antiparallel zum codogenen Strang der DNA. Der mRNA-Strang weist dann die Richtung 5'-3' auf.
  - Die RNA-Polymerase löst sich von der DNA, wenn sie auf eine Terminatorsequenz trifft, und beendet damit die Transkription.

**Ergänzung:**

Individuelle Lösungen.

**3.3.5 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS**

Materialiensammlung des Lehrerfortbildungsservers Baden-Württemberg. Gruppenteiliges Arbeiten zur Transkription. Verfügbar unter: [https://lehrerfortbildung-bw.de/u\\_matech/bio/gym/bp2004/fb4/1\\_mem/1\\_osmose/](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matech/bio/gym/bp2004/fb4/1_mem/1_osmose/) [19.04.2020].



### 3.4 BPE 6 Bedeutung der Sozialisation und Entwicklung für die Gesundheit

Insgesamt werden für die BPE 6 35 reguläre Stunden veranschlagt. 2 Stunden in Klammern entsprechen den Stunden in Gruppenteilung. Zusätzlich werden für die BPE 2 ca. 8 VIP-Stunden veranschlagt. Die hervorgehobenen Bildungsplaninhalte werden als exemplarische Beispielstunden in dieser Handreichung ausgearbeitet und vorgestellt.

#### MÖGLICHE STUNDENVERTEILUNG ZUR BPE 6

| BPE 6   | BEDEUTUNG DER SOZIALISATION UND ENTWICKLUNG FÜR DIE GESUNDHEIT                      | 35 (2)   |
|---------|---|----------|
| BPE 6.1 | <b>Sozialisation</b><br><b>primäre, sekundäre, tertiäre, quartäre</b>               | 1        |
|         | Entwicklung der Persönlichkeit<br>psychosexuelle (Freud)<br>psychosoziale (Erikson) | 4        |
|         | Persönlichkeit (Big Five)   | 2        |
|         | Resilienz   | 1        |
|         |   | <b>8</b> |
| BPE 6.2 | <b>Lernen</b>   |          |
|         | Klassische Konditionierung  | 1        |
|         | Operante Konditionierung  | 1        |
|         | Lernen am Modell  | 1        |
|         | Lernen durch Einsicht   | 1        |
|         |   | <b>4</b> |
| BPE 6.3 | <b>Bedürfnisse nach Maslow</b>  | 2        |
|         | <b>Motiv, Motivation</b>  |          |
|         | Erweitertes kognitives Motivationsmodell und aussagenlogische Fassung               |          |
|         | Selbstwirksamkeit, erlernte Hilflosigkeit   | 2        |
|         | Kontrollüberzeugung   |          |
|         | <b>Rubikonmodell</b>  |          |
|         |   | <b>4</b> |
| BPE 6.4 | <b>Biologische Entwicklung im Alter</b>   | 1        |
|         | <b>Psychische Entwicklung im Alter: Gedächtnis</b>                                  | 3        |
|         | Ultrakurzzeitgedächtnis   |          |
|         | Kurzzeitgedächtnis  |          |
|         | Langzeitgedächtnis: prozedurales, deklaratives, episodisches, semantisches          |          |
|         | Ribot'sches Gesetz  | 1        |
|         | <b>Intelligenzentwicklung über die Lebensspanne</b>                                 | 2        |
|         | fluide Intelligenz  |          |
|         | kristalline Intelligenz   |          |
|         | Common Cause Hypothese  |          |
|         | <b>Alterstheorien – Zufriedenheit im Alter</b>                                      | 3        |
|         | Disengagementtheorie  |          |

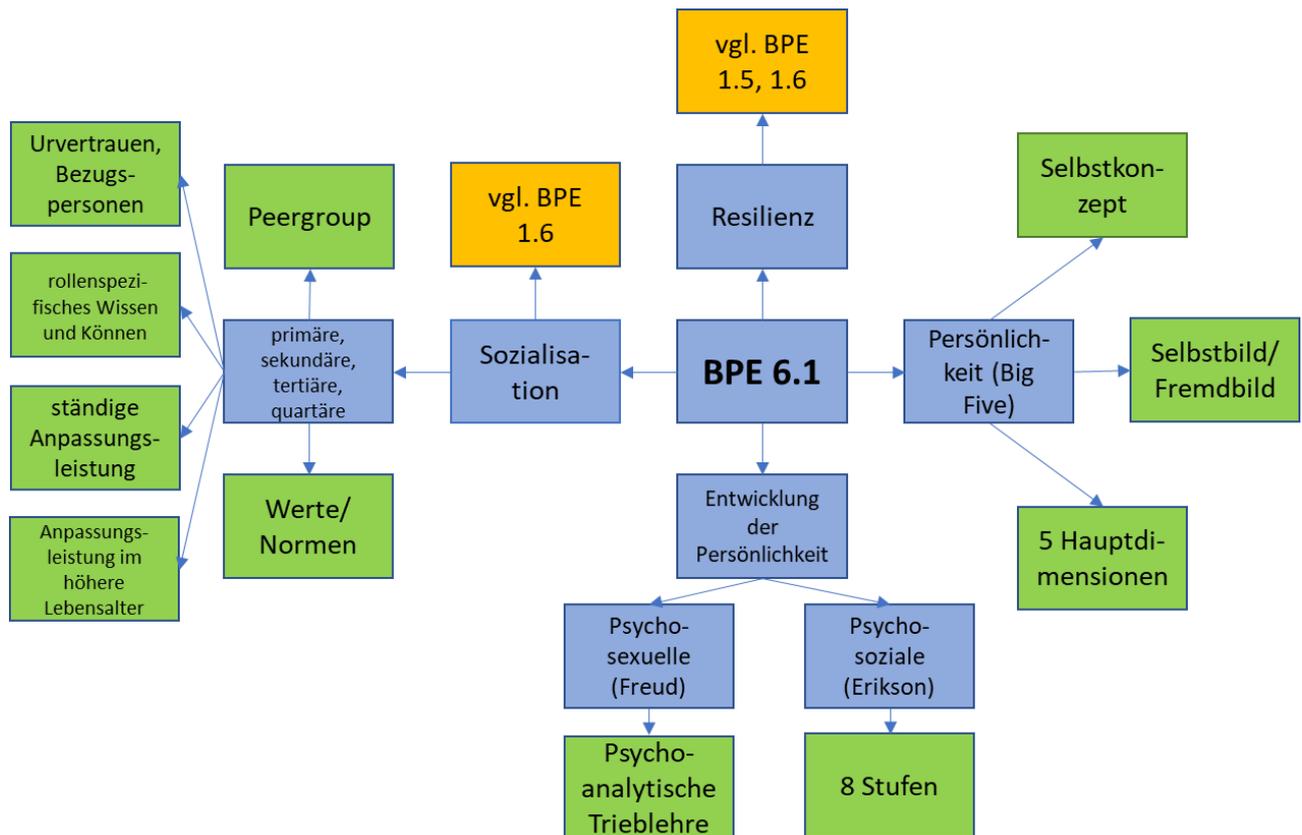
| <b>BPE 6</b> | <b>BEDEUTUNG DER SOZIALISATION UND ENTWICKLUNG FÜR DIE GESUNDHEIT</b> | <b>35 (2)</b> |
|--------------|---|---------------|
|              | Aktivitätstheorie   |               |
|              | SOK-Modell  |               |
|              |   | <b>10</b>     |
| BPE 6.5      | Altersbegriffe  | 3             |
|              | kalendarisches Alter  |               |
|              | biologisches Alter  |               |
|              | soziales Alter  |               |
|              | psychisches Alter   |               |
|              | Altern im geschichtlichen Kontext                                     |               |
|              | <b>Biografie (vgl. 4.2)</b>   | 3 (2)         |
|              | Wahrnehmung der Älteren in der Gesellschaft                           |               |
|              | Altersbilder  | 1             |
|              | kulturelle Unterschiede   | 2             |
|              |   | <b>9</b>      |

### 3.5 BPE 6.1 Sozialisation

Nachfolgend werden die Inhalte der BPE 6.1 in einer Mindmap dargestellt. Dabei wird farblich zwischen drei Ebenen unterschieden.

Blau hinterlegte Inhalte sind fachliche Oberbegriffe der Bildungsplaneinheit. Die grün hinterlegten Inhalte konkretisieren diese Oberbegriffe und sollen helfen diese inhaltlich zu füllen.

In den orangefarbenen Kästchen wird auf Vernetzungen und Zusammenhänge zu einer anderen Bildungsplaneinheit verwiesen.



#### MÖGLICHE VERLAUFSPLANUNG FÜR DIE BPE 6.1

Der Einstieg in die BPE 6.1 kann über die Lebenswelt der Schüler und die Frage „Wie werden wir, wie wir sind?“ erfolgen. Die Definitionen der einzelnen Sozialisationsphasen und die eigene Zuordnung zu einer Sozialisationsstufe ergeben die Grundlage zu dieser BPE.

Daran anschließend bietet das Stufenmodell der psychosozialen Entwicklung des Psychoanalytikers Erik H. Erikson sowie Sigmund Freuds psychoanalytische Weltdeutung einen Einblick in (historische) wissenschaftliche Theorien.

Das Big-Five-Modell gilt heute international als das universelle Standardmodell in der Persönlichkeitsforschung. Es werden fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit genutzt, individuelle Persönlichkeitsprofile zu erstellen. Mit verschiedenen Testverfahren können die Schülerinnen und Schüler ihre Persönlichkeit analysieren und erhalten einen Einblick in mögliche Praktiken des Human Resource Managements im Hinblick auf Bewerberauswahl, Personalauswahl als auch Personalentwicklung (z. B. Assessment-Center).

Zuletzt erfolgt mit dem Thema Resilienz („psychische Widerstandskraft“) die Verknüpfung dieser Einheit mit der Eingangsklasse und dem hier bereits besprochenen Gesundheitsmodell der Salutogenese. Dieses Modell beschäftigt sich u. a. mit den Entstehungsprozessen von Gesundheit. Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass ein möglicher Einflussfaktor auf diese Prozesse die Sozialisation sein kann.

### **3.5.1 FACHLICHE HINWEISE**

Wie werden wir, was wir sind?

Unter Sozialisation versteht man einen mehrstufigen Prozess, der in einem heranwachsenden Menschen eine soziale Persönlichkeit ausbilden soll. Diese soll sich einerseits ihrer eigenen Identität bewusst sein und diese auch gegen gesellschaftliche Rahmenbedingungen behauptet, andererseits muss gesellschaftliches Zusammenleben – angesichts von Individuen – dennoch möglich sein.

### **3.5.2 DIDAKTISCHE HINWEISE**

Die BPE 6.1 behandelt als Teil der BPE 6 „Bedeutung der Sozialisation und Entwicklung für die Gesundheit“ das Grundlagenthema Sozialisation. Die Schülerinnen und Schüler sollen zu Beginn der Bildungseinheit Grundkenntnisse zu ihrer Herkunft – im Sinne von „Wie werden wir, was wir sind?“ erhalten, um dieses Wissen dann im Laufe der BPE 6 in einen Zusammenhang mit gesundheitsrelevantem Verhalten zu stellen.

Die Schülerinnen und Schüler ordnen sich im Rahmen der Unterrichtseinheit dem Übergang von der sekundären zur tertiären Entwicklungsstufe zu. Sie beschreiben Merkmale der Sozialisationsstufen und setzen sich mit Ihnen kritisch auseinander. Dabei wird den Schülerinnen und Schülern klar, dass die Entwicklung des Menschen in allen Kulturen stattfindet und jede Kultur – in anderen Ausformungen – ihren sozialisierten Menschen hervorbringt.

Im Verlauf der BPE 6.1 erklären die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Vorstellungen der Persönlichkeitsentwicklung. Sie lernen exemplarisch wissenschaftliche Theorien zur Persönlichkeitsentwicklung kennen und erörtern Aspekte eines positiven bzw. negativen Entwicklungsverlaufes. Darüber hinaus definieren sie die Begriffe Persönlichkeit und Resilienz und charakterisieren die für diese Konzepte wesentlichen Aspekte. In Bezug auf Resilienz verknüpfen die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen aus der Eingangsklasse (vgl. BPE 1.5 Salutogenese). Abschließend leiten sie ab, dass ein Missverhältnis von beschützenden und belastenden Faktoren zu Erkrankungen führen kann, und reflektieren ihr eigenes Lebensumfeld und ihren Lebensstil kritisch.

Für die BPE 6.1 sind insgesamt acht Unterrichtsstunden vorgesehen, wobei VIP-Stunden und Teilungsstunden speziell dem Thema Biografie (vgl. BPE 6.5) zugeordnet werden, um ein Projekt zur Biografiearbeit umzusetzen. Dieses Projekt wird unter 4.2 näher erläutert.

Sofern kein Projekt organisiert wird, bietet das Thema Sozialisation verschiedene Vertiefungsaspekte, die in der konkreten Stundenverlaufsplanung/bei den Arbeitsmaterialien (vgl. 3.3.4) aufgeführt sind. Entsprechend könnten noch anteilig VIP-Stunden, ggf. Teilungsstunden, dem Thema Sozialisation zugeordnet werden.

### **3.5.3 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN**

Im einstündigen exemplarischen Unterricht soll durch den Impuls, Foto eines Punks und den Dialog zwischen zwei Jugendlichen (in Jugendsprache verfasst), zum Unterrichtsstundeneinstieg an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler angeknüpft werden. Dies ermöglicht so einen niederschweligen Zugang zur Thematik Sozialisation. Mittels Impulsfragen sollen die Schülerinnen und Schüler ermutigt werden, eigene Erfahrungen im Plenum vorzustellen.

In der Erarbeitungsphase wird ein Informationstext als Grundlage für die Definition von Sozialisation mit ihren vier Stufen herangezogen. Entsprechende Methoden des Exzerpierens oder Lesen mit Stift müssen bereits vermittelt worden sein. Durch das Verbalisieren der Inhalte der Texte lernen die Schülerinnen und Schüler Informationen zu bündeln und auf ein verständliches Maß zu reduzieren.

Eine Binnendifferenzierung ist hier möglich, wenn die Schülerinnen und Schüler mittels Internetrecherche sowohl Definition als auch Charakterisierung der Sozialisationsstufen in Einzel-/Partnerarbeit erarbeiten sollen. Methodische Alternative ist z. B. ein Gruppenpuzzle, welches an die Internetrecherche geknüpft werden kann.

### **3.5.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN**

Nachfolgend wird eine konkrete Unterrichtsstunde der BPE 6.1 vorgestellt. Eine Übersicht bietet der tabellarische Stundenverlaufsplan. Die zugehörigen Arbeitsblätter und Lösungsvorschläge folgen dann entsprechend.

**STUNDENVERLAUFSPLANUNG DETAILLIERT ZUM THEMA „SOZIALISATION“**

| <b>Ziele der Unterrichtsstunde, die SuS sollen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die einzelnen Sozialisations-Phasen benennen und definieren</li> <li>• ihre eigene Position im Sozialisationsablauf bestimmen</li> <li>• Wirkung von Sprache kritisch hinterfragen</li> <li>• Hypothesen zu möglichen Störungen und dessen Folgen im Sozialisationsprozess formulieren</li> </ul> |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Vorkenntnisse:</b><br>Keine besonderen Vorkenntnisse nötig  |   |   |   |
| <b>ZEIT (MIN.)</b>   | <b>LERNPHASEN/ DIDAKTISCHER KOMMENTAR</b>   | <b>LEHR-SOZIAL-FORM</b>   | <b>MEDIEN/ANLAGEN</b>   |
| ca. 5'   | <b>Einstieg:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assoziationsübung zum Foto „Punk“</li> <li>• Dialog in verteilten Rollen lesen</li> </ul> <p>(Der Dialog wurde in Jugendsprache verfasst, um die Lebenswelt der Jugendlichen zu treffen. Der Text kann im Weiteren auch genutzt werden, um einzelne Formulierungen kritisch zu hinterfragen (z. B. „alte Leute“ – besser: z. B. Klienten)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> <li>• Schülerinnen und Schüler (SuS)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Foto „Punk“</li> <li>• Arbeitsblatt „Dialog“</li> <li>• Dokumentenkamera</li> </ul>  |
| ca. 5'   | <b>Überleitung:</b><br>Mögliche Impulsfrage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weshalb wird heute so jemand (vgl. Foto) vielleicht eher akzeptiert als einige Jahren zuvor?</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>   |   |
| ca. 10'  | <b>Erarbeitungsphase:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS bearbeiten das AB mithilfe eines Informationstextes.</li> <li>• Alternative: Internetrecherche</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelarbeit/Partnerarbeit</li> <li>• Alternative: Gruppenpuzzle</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt „Wie werden wir, wie wir sind?“</li> <li>• Informationstext „Wie werden wir, wie wir sind?“</li> <li>• ggf. Internetzugang</li> </ul> |
| ca. 10'  | <b>Ergebnissicherung:</b><br>Präsentation und Abgleich der Ergebnisse   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentenkamera</li> </ul>  |
| ca. 10'  | <b>Transfer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung der eigenen Person auf eine Sozialisationsstufe</li> <li>• mögliche Störungen und deren Folgen im Sozialisationsprozess</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>   |   |

| ZEIT<br>(MIN.) | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR   | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN |
|----------------|---|---|----------------|
| ca. 5'         | <b>Mögliche Vertiefung/Ausblick auf Vertiefung in Folgestunden</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierungen aus dem Einstiegstext kritisch hinterfragen</li> <li>• Einfluss von Sozialisation auf Gesundheit</li> <li>• Abgrenzung von Sozialisation und Erziehung</li> <li>• Moralentwicklung etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul> |                |

|         |                             |       |
|---------|-----------------------------|-------|
| BPE 6.1 | Thema: <b>Sozialisation</b> | Datum |
|---------|-----------------------------|-------|

**Stundeneinstieg:**
**Christian und Susi unterhalten sich über ihr Sozialpraktikum**

*Christian:* Mit mir hat auf der Sozialstation ein Bufdi (Bundesfreiwilligendienst) gearbeitet, der Tom, der hatte gefärbte Haare, mal rot, mal grün. Außerdem war der voll gepierct, an den Ohren, Nase, ach, weiß Gott wo noch ...

Und er trug entweder ganz weite Hosen, die grad so am Hintern hängen blieben oder so voll ausgefranste Jeans. Jeder konnte immer seine Unterhose sehen.

Die alte Frau Kunz wollte ihm gleich Geld

für eine neue Hose geben! Wir haben vielleicht gelacht! Aber der Chef hat Tom ganz schön angemerkert. Kannst du dir vorstellen, bei uns hat's so etwas früher nicht gegeben!

*Susi:* Ist doch cool!

*Christian:* Ja, für dich vielleicht, aber nicht für die alten Leute, die wir auf der Sozialstation betreuen. Die sind in einer ganz anderen Zeit aufgewachsen und haben ganz andere Vorstellungen!

*Susi:* Ja, ja. Und außerdem mussten Kinder immer gehorsam sein und sich unterordnen. Hauptsache arbeiten und lernen und die Klappe halten. Die waren als Eltern doch alle autoritär!

*Christian:* Schon, aber irgendwie waren Jugendliche auch damals schon rebellisch und haben nicht immer alles von den Eltern so übernommen.

*Susi:* Stimmt. Die Cousine meiner Oma ist mit 17 nach Amerika. Einfach so, hat gejobbt und sich ihr eigenes Leben aufgebaut. 1955! Da machen die heute noch Theater in der Familie!

*Christian:* Und, was macht sie heute?

*Susi:* Ganz normal: Hat zwei Kinder, ist irgendwann wieder zurück und hat einen leitenden Bankangestellten geheiratet. Ich kenn' sie nur ebenso als normale Mutter, also Oma für mich ...

*Christian:* Hey, stell dir vor, der Tom will Bankdirektor werden!

*Susi:* Warum nicht? Möglich ist alles!



Abb. 1: Abbildung „Punk“

|         |                             |       |
|---------|-----------------------------|-------|
| BPE 6.1 | Thema: <b>Sozialisation</b> | Datum |
|---------|-----------------------------|-------|

**Arbeitsblatt: Wie werden wir, was wir sind?**
**Arbeitsauftrag:**

- Lesen Sie die Informationstexte zu den einzelnen Sozialisationsphasen durch und fassen Sie diese zusammen.
- Finden Sie im Plenum eine gemeinsame Definition, die den Begriff Sozialisation beschreibt.

**Definition:**


---



---

**Phasen der Sozialisation:**

| primäre<br>Sozialisation  | sekundäre<br>Sozialisation  | tertiäre<br>Sozialisation  | quartäre<br>Sozialisation   |
|---|---|--|---|
|   |   |  |   |
|  |  |  |  |
| Abb. 1: primäre Sozialisation   | Abb. 2: sekundäre Sozialisation   | Abb. 3: tertäre Sozialisation  | Abb. 4: quartäre Sozialisation  |

|         |                             |       |
|---------|-----------------------------|-------|
| BPE 6.1 | Thema: <b>Sozialisation</b> | Datum |
|---------|-----------------------------|-------|

**Lösungsvorschlag – Arbeitsblatt: Wie werden wir, was wir sind?**
**Definition: z. B.**

Sozialisation kann als der Prozess beschrieben werden, in dem der Mensch in die ihn umgebende Gesellschaft und Kultur hineinwächst und zu einem gesellschaftlich handlungsfähigen Subjekt wird.

**Phasen der Sozialisation:**

| primäre Sozialisation   | sekundäre Sozialisation   | tertiäre Sozialisation  | quartäre Sozialisation   |
|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase der frühen Kindheit</li> <li>• Erwerb grundlegender sozialer Fähigkeiten</li> <li>• Ziel: Mitglied der Gesellschaft werden und deren Anforderungen entsprechen</li> <li>• primäre Bezugsgruppe: Familie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernleistung eines primär sozialisierten Individuums</li> <li>• baut auf Erlebnissen und Erfahrungen aus der frühen Kindheit auf</li> <li>• Befähigung, sich den Verhaltenserwartungen neuer sozialer Umgebungen oder Bezugsgruppen anzupassen: z. B. Kindergarten/Schule</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird hauptsächlich von beruflichen und organisationalen Einflüssen bestimmt:</li> <li>• Berufswahl und Berufsausübung/Arbeitsorganisation</li> <li>• Bezugsgruppen: Kollegen, Vorgesetzte, Vereinsmitglieder, Freunde, Familie etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassung an das Altersstadium</li> <li>• Anpassung an außerberufliche Phase</li> <li>• gewinnt an Bedeutung aufgrund des demografischen Wandels</li> </ul> |
|    |    |   |   |
| <i>Abb. 1: primäre Sozialisation</i>  | <i>Abb. 2: sekundäre Sozialisation</i>  | <i>Abb. 3: tertiäre Sozialisation</i>   | <i>Abb. 4: quartäre Sozialisation</i>  |

|         |                             |       |
|---------|-----------------------------|-------|
| BPE 6.1 | Thema: <b>Sozialisation</b> | Datum |
|---------|-----------------------------|-------|

**Informationstext: Wie werden wir, was wir sind?**

Zu Beginn des Sozialisationsprozesses eines Kindes steht die primäre Sozialisation. Hier übernehmen einige wenige Bezugspersonen (i. d. R. Eltern und Verwandte) die familiäre Prägung. Sie vermitteln beispielsweise grundlegende Werte/Normen und Erwartungen, die an soziale Rollen geknüpft sind. In den ersten Lebensjahren werden dabei Grundlagen im Bereich der Sprache, des Denkens und Empfindens bei den Kindern angelegt. Der Begriff Erziehung ist eng mit der Sozialisation verbunden und wird als deren Teilbereich verstanden.

Die erste Phase der Sozialisation geht im Allgemeinen ca. im dritten Lebensalter in die nächste Phase über. Bei der sekundären Sozialisation erweitert sich das Spektrum der Einflussfaktoren auf die Kinder. Ein vermehrt außerfamiliäres Umfeld wie zum Beispiel soziale Einrichtungen (Kindertagesstätten, Schule, Vereine etc.) haben eine prägende Rolle auf die Heranwachsenden. Auch der Einfluss von gleichaltrigen Kindern/Jugendlichen (Peergroups) nimmt immer mehr zu. Charakteristisch für die zweite Sozialisationsphase ist, dass Werte und Normen aus der ersten familiären Prägung variiert werden und soziale Aspekte wie Toleranz und Verständnis, aber auch Intellektualität eine noch bedeutendere Rolle einnehmen. Durch variantenreichere Einflussfaktoren wird die Identitätsbildung des Kindes weiter vorangetrieben. Ein besonderes Augenmerk muss im Rahmen der sekundären Sozialisation auch auf den Medienkonsum Heranwachsender gerichtet werden. Dieser hat in den letzten Jahren/Jahrzehnten immer mehr Einfluss auf die Vermittlung von Wertvorstellungen und Verhaltensmustern genommen.

Abgeschlossen ist die zweite Phase der Sozialisation in der Regel im jungen Erwachsenenalter. Für gewöhnlich findet in diesem Lebensalter die Entscheidung für einen Beruf statt. Entsprechend ist die dritte Phase der Sozialisation (tertiäre Sozialisation) vor allem durch die Wahl des Berufs und dessen Ausübung gekennzeichnet. Die Persönlichkeit der (jungen) Erwachsenen wird u. a. durch strukturelle Gegebenheiten der Arbeitsumgebung bestimmt und soll vor allem als lebenslanger Lernprozess die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit fördern. Wichtige Bezugsgruppen sind hierbei Kollegen und Vorgesetzte. Aber auch in der außerberuflichen Zeit finden Sozialisationsprozesse statt, als Sozialisationsinstanzen sind hier z. B. Vereinsmitglieder und die eigene Familie zu nennen.

Der Sozialisationsprozess eines Menschen beginnt mit der Geburt und zieht sich durch das ganze Leben. Entsprechend ist die letzte Phase der Sozialisation (quartär) der Anpassung an das Altersstadium gewidmet. Dieser nachberufliche Lebensabschnitt wird auch durch die Bilanzierung des Lebens und von sich ändernden körperlichen und kognitiven Ressourcen bestimmt. So kann ggf. eine notwendige Unterbringung im Pflegeheim eine neue Sozialisationsinstanz darstellen.

**Ausgewählte weiterführende Vertiefungsaspekte für die Unterrichtsstunde/Folgestunden:**

- Einfluss von Sozialisation auf Gesundheit/Gesundheitsverhalten
- Einfluss von Peergroups auf die Sozialisation
- Unterscheidung von Sozialisation und Erziehung
- Moralentwicklung/Moralerziehung (Lawrence Kohlberg).

**3.5.5 WEITERFÜHRENDE LITERATUR**

Lexikon der Psychologie – Sozialisationsphasen. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/sozialisationsphasen/14564> [30.03.2020]

Grundmann, Mathias (2009): Sozialisation – Erziehung – Bildung: Eine kritische Begriffsbestimmung, S. 61–83. In: Becker, Rolf (Hrsg.): Lehrbuch der Bildungssoziologie. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 2009.

Hurrelmann, Klaus; Bauer, Ulrich: Einführung in die Sozialisationstheorie. Weinheim/Basel: Beltz Verlag, 2015.

Stangl, W. (2020). Stichwort: 'primäre Sozialisation'. Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik. Verfügbar unter: <https://lexikon.stangl.eu/5103/primare-sozialisation/>[22.06.2020].

**3.5.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS**

Arbeitsgruppe der Leiterinnen und Leiter Berliner Schulpraktischer Seminare (2006): Moralentwicklung und Moralerziehung nach Lawrence Kohlberg als Thema in der Lehrerbildung. Arbeitspapier.



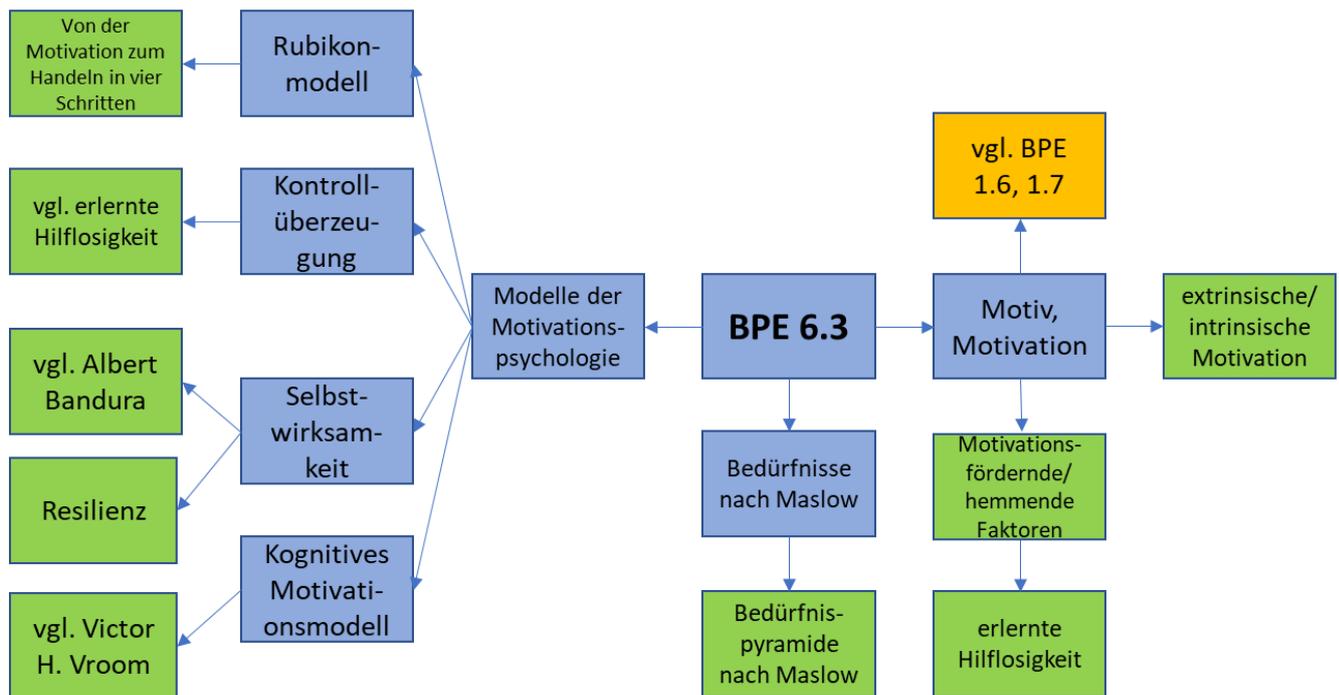
Verfügbar unter: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/zielgruppen/lehramtsanwaerterinnen/kohlberg1.pdf> [30.03.2020].

Reinders, Heinz (2016): Wertebildung in der Peergroup. Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/profile/Heinz\\_Reinders/publication/291336702\\_Wertebildung\\_in\\_der\\_Peergroup/links/56a08d4d08aee4d26ad5bfee/Wertebildung-in-der-Peergroup.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Heinz_Reinders/publication/291336702_Wertebildung_in_der_Peergroup/links/56a08d4d08aee4d26ad5bfee/Wertebildung-in-der-Peergroup.pdf) [30.03.2020].



### 3.6 BPE 6.3 Bedürfnisse nach Maslow, Motiv/Motivation, Modelle der Motivationspsychologie

In der folgenden Mindmap werden die Inhalte der BPE 6.3 dargestellt. Die farbliche Unterscheidung ist analog der BPE 6.1 gestaltet.



#### MÖGLICHE VERLAUFSPLANUNG FÜR DIE BPE 6.3

Im Folgenden werden Unterrichtsbeispiele der BPE 6.3 für jeweils zwei Unterrichtseinheiten aufgezeigt. In der ersten Unterrichtseinheit wird das Modell der Bedürfnishierarchie sowie die Begriffsdefinition der Motivation mit der Unterscheidung in extrinsische und intrinsische Motivation vermittelt. In der folgenden Unterrichtseinheit findet in der Vertiefung die Auseinandersetzung mit weiteren Motivationsmodellen, wie der Kontrollüberzeugung, der Selbstwirksamkeit, dem Rubikon-Modell und dem kognitiven Motivationsmodell statt. Exemplarisch werden Materialien zum Rubikon-Modell vorgestellt. Beide Unterrichtseinheiten sind mit einem Zeitumfang von jeweils 90 Minuten geplant.

#### 3.6.1 FACHLICHE HINWEISE

Warum machst du das eigentlich?

Häufig wird diese Frage gestellt, wenn Menschen die Ursache für das Verhalten anderer Menschen verstehen möchten. Die Beantwortung dieser Frage lässt es auch zu, das eigene Verhalten besser kennenzulernen sowie fremdes Verhalten zu steuern. In der Psychologie ist die Motivation ein Bedürfnis oder ein Verlangen, das Verhalten anregt und in eine bestimmte Richtung lenkt. Sie beschreibt alle Prozesse, die der Aufrechterhaltung physischer und psychischer Aktivitäten dienen. Im Begriff der Motivation

steckt der lateinische Begriff „movere“ – bewegen. Alle Organismen bewegen sich auf bestimmte Reize und Aktivitäten zu und von ihnen weg. Motivationstheorien erklären die allgemeinen Muster dieser Bewegungen. In solchen grundlegenden Motivationstheorien sind beispielsweise Durst und Hunger, das Gefühl von Zugehörigkeit zu anderen Menschen oder der grundlegende Wille zu leben als ausschlaggebende Kraft identifiziert worden, Energien für außergewöhnliche Anstrengungen freizusetzen. Darauf aufbauend wurden verschiedene Motivationskonzepte entwickelt, die bekanntermaßen in der Didaktik des Lehrens als auch im Bereich der Gesundheitsförderung und Prävention angewendet werden. Die Kenntnisse über die Grundlagen menschlichen Handelns ermöglichen es, Verhalten zielgerichtet zu beeinflussen. Dadurch kann gesundheitsförderndes Verhalten gesteuert und die Entstehung von Krankheiten verhindert werden.

### 3.6.2 DIDAKTISCHE HINWEISE

Von insgesamt 35 Stunden der gesamten BPE 6 sind 4 für die BPE 6.3 vorgesehen. Hinzu kommen noch mögliche VIP-Stunden.

Im konkreten Unterrichtsbeispiel erarbeiten die Schülerinnen und Schüler zunächst das Maslow'sche Bedürfnismodell. Im zweiten Schritt beschreiben und erklären Sie den Begriff der Motivation und unterscheiden extrinsische und intrinsische Motivation. In der Folgestunde lernen sie weitere Motivationsmodelle wie z. B. das Rubikon-Modell als eine weitere Möglichkeit kennen, Verhaltensweisen zu begründen und Verhalten zu beeinflussen. Im Ergebnis übertragen sie erlernte Modelle auf ihr eigenes gesundheitsrelevantes Verhalten und schlussfolgern mögliche praktische Anwendungen in der Gesundheitsförderung. Im Unterrichtsbeispiel wurden Möglichkeiten der Binnendifferenzierung nach der Sozialform und dem Grad der Selbstständigkeit aufgezeigt. Die Unterrichtsbeispiele wurden jeweils als 90-Minuten-Einheit geplant.

Über den Film „127 Hours“ soll Betroffenheit für die zwingende Notwendigkeit einer lebenswichtigen Entscheidung erzeugt werden. Dabei wird die Lebenswelt junger Erwachsener aufgegriffen: Ein junger Kletterer geht allein im Grand Canyon auf Tour, stürzt in eine Felsspalte und klemmt seinen rechten Arm zwischen Felsen und Wand ein. In 127 Stunden reift in ihm der Entschluss, seinen Arm zu amputieren, um zu überleben. Das Anschauen des Films sollte mit zwei bis drei Leitfragen begleitet werden, um die Schülerinnen und Schüler zur Thematik der Motivation hinzuführen. Alternativ kann auch der Trailer zum Film angeschaut werden.

Im folgenden Unterricht werden der Begriff der Motivation sowie exemplarisch das Modell der Maslow'schen Bedürfnishierarchie erarbeitet. In einer überleitenden Diskussion werden mithilfe der Antworten auf die Fragen zum Film Gründe/Motive genannt. Diese werden visualisiert und fixiert. Mithilfe des Arbeitsblatts „Die Maslow'sche Bedürfnishierarchie“ erkennen die Schülerinnen und Schüler die Kernaussagen des Modells und nehmen eine Zuordnung der zuvor aus dem Film fixierten Gründe in das Modell vor. Für diese Zuordnung eignet sich eine Partner- oder Gruppenarbeit, die eine größere kognitive Anregung zur Auseinandersetzung mit dem Lernstoff für die Schülerinnen und Schüler darstellt. Das Arbeitsblatt beinhaltet Möglichkeiten der Binnendifferenzierung, die unter 4.1 näher erläutert

werden. Über die gemeinsam erarbeitete Unterscheidung zwischen extrinsische und intrinsische Beweggründe des Filmhauptdarstellers kann der Begriff der Motivation definiert werden.

In der zweiten Unterrichtseinheit folgt eine Vertiefung in die Thematik durch weitere Motivationsmodelle. Hierbei wird Wert auf ein hohes Maß an selbstständiger Arbeit gelegt. Durch den eingeforderten Zusammenhang zur Entstehung von Gesundheit und Krankheit wird eine starke kognitive Auseinandersetzung mit dem eigenen Verhalten angeregt. Die Schülerinnen und Schüler werden in der Kompetenz der Selbstreflexion sowie der Entscheidungsfähigkeit gefördert.

### 3.6.3 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Der Film „127 Hours“ beschreibt das Schicksal des Kletterers Aron Ralston, der im Grand Canyon in eine Felsspalte stürzt und dabei durch einen mitrutschenden Felsen seinen rechten Arm zwischen den Felsen einklemmt. Um zu überleben, amputiert er sich nach 127 Stunden den rechten Arm und es gelingt ihm, sich aus der Felsspalte zu befreien. Diese wahre Begebenheit schildert ausdrucksstark, welche Kraft die Motivation hat. Der Film, um den jungen modernen Ralston, erzeugt hohe emotionale Betroffenheit. Sollte es aus zeitlichen oder organisatorischen Gründen nicht möglich sein, den Film gemeinsam in der Klasse anzuschauen, kann alternativ der Trailer dazu gezeigt werden. Möglich wäre auch, den Film in Gruppen als Vorbereitung zu Hause anzuschauen. Der Film sollte unter Berücksichtigung von 2 bis 3 Leitfragen angeschaut werden, um die folgende Diskussion im Unterricht vorzubereiten. Während der Diskussion sollten die wichtigsten der genannten Gründe/Bedürfnisse fixiert werden. Das kann an der Tafel, an einer Pinnwand oder über ein Tablet geschehen. Wichtig ist die Visualisierung der Bedürfnisse, bevor sie im folgenden Arbeitsblatt zugeordnet und unterschieden werden können.

Anhand dieses Einstiegs erarbeiten die Schülerinnen und Schüler mithilfe eines Fachtextes und eines Arbeitsblatts die Kernaussagen der Maslow'schen Bedürfnishierarchie. Unter Berücksichtigung der Binnendifferenzierung kann diese Erarbeitung in Einzelarbeit mit entsprechend hohem Grad an Selbstständigkeit oder auch in Partner- oder Gruppenarbeit erfolgen. Hier haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, mit Unterstützung der Gruppe, den Lernerfolg zu erreichen. Ebenso kann im Umfang der Arbeitsaufträge und im Schwierigkeitsgrad auf dem Arbeitsblatt differenziert werden.

Die Anwendung/der Transfer soll bewusst die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler betreffen. Hier ist die Impulsfrage nach dem Sport nur als Beispiel zu sehen. Um auf das gesundheitsrelevante Verhalten zu kommen, könnte auch nach der Ernährung, dem Schlaf, dem Alkoholkonsum o. a. gefragt werden. Als kooperative Lernform eignet sich hier ein Interview. Im Plenum oder in Kleingruppen von 4–6 Schülerinnen und Schüler können von einem Interviewer Fragen an einzelne Schülerinnen und Schüler gestellt werden. Auch hier bietet sich eine binnendifferenzierte Vorgehensweise an: Lernen in der Klasse Schülerinnen und Schüler mit starkem Interesse, eingeübter Vorerfahrung zu kooperativen Sozialformen, die auch noch ein hohes Lerntempo bewältigen können, so kann der Transfer in Gruppen gestaltet werden. Schülerinnen und Schüler, die mehr Unterstützung brauchen, langsamer lernen und wenig Vorerfahrung mit Selbstorganisiertem Lernen haben, profitieren eher von einer Form im Plenum, in der zusätzlich die Möglichkeit der Visualisierung für alle besteht.

**3.6.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN**

Im Folgenden werden Unterrichtsbeispiele der BPE 6.3 für jeweils zwei Unterrichtseinheiten aufgezeigt. In der ersten Unterrichtseinheit wird das Modell der Bedürfnishierarchie sowie die Begriffsdefinition der Motivation vermittelt. In der folgenden Unterrichtseinheit findet in der Vertiefung die Auseinandersetzung mit weiteren Motivationsmodellen statt. Exemplarisch werden Materialien zum Rubikon-Modell vorgestellt. Beide Unterrichtseinheiten sind mit einem Zeitumfang von jeweils 90 Minuten geplant.

**STUNDENVERLAUFSPLANUNG DETAILLIERT ZUM THEMA „MOTIVATION“**

## Verlaufsplanung 1

| <b>Ziele der Unterrichtsstunde, die SuS sollen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Begriffe Motiv und Motivation erläutern</li> <li>• die Maslow'sche Bedürfnishierarchie beschreiben</li> <li>• eigenes Verhalten mithilfe der Bedürfnishierarchie begründen</li> </ul> |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Vorkenntnisse:</b><br>Keine besonderen Vorkenntnisse nötig  |   |  |  |
| ZEIT (MIN.)  | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR   | LEHR-SOZIAL-FORM   | MEDIEN/ANLAGEN   |
| ca. 95'  | <b>Einstieg:</b><br>Film „127 Hours“<br>Alternativ kann der Film auch als HA aufgegeben werden und zum Einstieg der Trailer (ca. 3 Min) abgespielt werden.<br>Leitfragen zum Film:<br>Geben Sie wieder, welche Gefühle Aron Ralston in seiner ausweglosen Situation beschreibt.<br>Erläutern Sie, welche Bedürfnisse Ralston äußert. Schätzen Sie ein, was Ihrer Meinung nach, das ausschlaggebende Bedürfnis für seine Entscheidung war. |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Film „127 Hours“</li> <li>• Trailer</li> </ul>                                      |
| ca. 15'  | <b>Überleitung:</b><br>Warum hat Aron Ralston seinen Arm amputiert?   | Schülerdiskussion, Argumente/Gründe sammeln  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (interaktive) Tafel oder</li> <li>• Karten</li> </ul>                               |
| ca. 20'  | <b>Erarbeitungsphase 1:</b><br>SuS bearbeiten das AB mithilfe eines Informationstextes.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelarbeit (hoher Selbstständigkeitsgrad)</li> <li>• Gruppenarb./Partnerarbeit als Möglichkeit der Binnendifferenzierung (geringerer Selbstständigkeitsgrad)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationstext und Arbeitsblatt (AB) „Maslow'sche Bedürfnishierarchie“</li> </ul> |

| ZEIT (MIN.) | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR  | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN   |
|-------------|--|---|--|
| ca. 10'     | <b>Ergebnissicherung 1:</b><br>SuS – Vergleich der Lösung auf dem Arbeitsblatt mit den zuvor genannten Argumenten/Gründen, die an der Tafel fixiert wurden.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>(interaktive) Tafel/Pinnwand</li> <li>AB</li> </ul>           |
| ca. 15'     | <b>Erarbeitungsphase 2:</b><br><b>Definition „Motivation“</b><br><b>Unterscheidung extrinsisch und intrinsische Motivation</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch: Welche der genannten Gründe/Motive Ralstons kommen tief aus seinem Inneren und welche werden von außen bestimmt?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>(interaktive) Tafel/Pinnwand, farbliche Markierung</li> </ul> |
| ca. 10'     | <b>Ergebnissicherung 2:</b><br>Farbliche Unterscheidung der zuvor genannten Gründe und daraus formulierte Definition extrinsischer und intrinsischer Motivation  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Interview</li> </ul>   |  |
| ca. 10'     | <b>Transfer:</b><br>Warum machen Sie (keinen) Sport?<br>Finden Sie persönliche extrinsische und intrinsische Motive und ordnen Sie diese der Maslow'sche Bedürfnishierarchie zu. (Tauschen Sie Ihre Motive mit Ihrem Partner aus.) | Lehrer-Schüler-Gespräch   |  |
| ca. 10'     | Bewerten Sie folgende Variante der Maslow'schen Bedürfnishierarchie (Pyramide).  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Z. B. „Konsumpyramide“ nach Maslow</li> </ul>                 |
|             |  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>„Konsumpyramide“ nach Maslow</li> </ul>                       |

Die nachfolgende Unterrichtseinheit baut auf der ersten auf. Verlaufsplanung 2:

| ZEIT (MIN.)  | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR  | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN   |
|--|--|---|--|
| <b>Ziele der Unterrichtsstunde, die SuS sollen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>weitere Modelle von Motivationstheorien beschreiben</li> <li>gesundheitsrelevante Verhaltensänderung erklären</li> <li>Entstehung von Gesundheit und Krankheit exemplarisch durch Verhaltensänderung erläutern</li> </ul> |  |   |  |
| <b>Vorkenntnisse:</b><br>Motivation, Bedürfnishierarchie nach Maslow   |  |   |  |
| ca. 10'  | <b>Einstieg:</b><br>Anhand einer Grafik erkennen SuS, wie viele Jugendliche ständig Alkohol und Drogen zu sich nehmen.<br>Abfrage in der Klasse und Vergleich mit der angegebenen Prozentzahl.<br>Problem: Schaden für die Gesundheit, Entstehung von Krankheit. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grafik</li> </ul> Grafik: Erfahrung mit illegalen Drogen nach Geschlecht bei 12- bis 25-Jährigen in Prozent der Befragten nach Geschlecht seit 1973<br>Region: Deutschland;<br>Quelle: Die Drogenaffinität Jugendlicher in der Bundesrepublik Deutschland, BZgA |
| ca. 5'   | <b>Überleitung:</b><br>Wie kann das Verhalten von Jugendlichen geändert werden?<br>Mögliche Antwort darauf könnten uns unsere Motivationstheorien geben.   |   |  |
| ca. 45'  | <b>Erarbeitung:</b><br>Kernaussagen zu: <ul style="list-style-type: none"> <li>erweitertes kognitives Motivationsmodell</li> <li>Selbstwirksamkeit</li> <li>Kontrollüberzeugung</li> <li>Rubikon Modell</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gruppenpuzzle</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Informations- und Arbeitsblatt Motivationsmodelle: Beispiel Rubikonmodell</li> </ul>  |
| ca. 20'  | <b>Transfer:</b><br>Jede Expertengruppe erstellt ein motivationsförderndes Bild/Plakat/interaktive Seite zu gesundheitsrelevantem Verhalten, z. B. Werbe-Seite für Nichtraucher.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gruppenarbeit</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>PC, Tablet</li> <li>Internet</li> </ul>   |
| ca. 10'  | <b>Ergebnissicherung:</b> Jede Expertengruppe stellt eine Möglichkeit vor, das Verhalten von Jugendlichen zu ändern.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Präsentation im Plenum</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>PC, Tablet, Plakat</li> <li>Internet</li> </ul>   |

|         |   |       |
|---------|---|-------|
| BPE 6.3 | Thema: Motivation – Maslow'sche Bedürfnishierarchie | Datum |
|---------|---|-------|

Die Maslow'sche Bedürfnispyramide teilt die Wünsche und Bedürfnisse von Menschen entsprechend ihrer Bedeutung ein und bringt diese in eine hierarchische Struktur. Abraham Maslow, ein US-amerikanischer Psychologe, fand heraus, dass bestimmte Bedürfnisse eine höhere Bedeutung haben als andere, so ist Essen/Trinken bedeutsamer für das Leben als ein neues Fahrzeug. Maslow strukturiert die Bedürfnisse in insgesamt fünf übergeordneten Kategorien. Diese Kategorien werden als Pyramide dargestellt und beginnt mit den sogenannten Grundbedürfnissen von Menschen und reicht bis zur Selbstverwirklichung.

Der Boden dieser Bedürfnispyramide umfasst alle grundlegenden Bedürfnisse wie Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme, Schlaf und physisches Wohlbefinden. Sind diese physiologischen Grundbedürfnisse zufriedengestellt, kann die nächste Stufe der Pyramide erreicht werden: Sicherheitsbedürfnisse (z. B. Sicherheit in Bezug auf Körper und Seele, materielle Sicherheit, Arbeit, Familie, Wohnung, Gesundheit). Die darauf aufbauende Kategorie dieser Bedürfnispyramide befasst sich mit dem sozialen Aspekt. Die meisten Menschen streben nach sozialer Anerkennung und haben das Bedürfnis nach sozialen Beziehungen. Hierunter zählen Freundschaften und Familie oder auch eine bestimmte Position in einer Gemeinschaft einzunehmen etc. Sind diese Gruppenbedürfnisse befriedigt, möchte der Mensch „Ich-Bedürfnisse“ erfüllen. Zu diesen „Ich-Bedürfnissen“ (auch Individualbedürfnisse genannt) gehört Maslow zufolge u. a. Vertrauen, Selbstbestätigung, Wertschätzung, Erfolg, Unabhängigkeit sowie Freiheit. Hier unterscheidet Maslow zwei weitere Unterkategorien: Einerseits das Streben nach (mentaler/physischer) Stärke, nach Erfolg sowie Unabhängigkeit und Freiheit, andererseits unterscheidet er das Verlangen nach Ansehen, Wertschätzung, Achtung und Bedeutsamkeit, was ein passiver Aspekt der Selbstachtung darstellt, der ausschließlich von anderen Menschen befriedigt werden kann. In der Maslow'schen Bedürfnispyramide ist das Bedürfnis nach Selbstverwirklichung auf oberster Stufe angeordnet. Um diese Stufe zu erreichen, müssen zunächst alle anderen (darunter stehenden) Bedürfnisse befriedigt werden. Selbstwirksamkeit zu erreichen, bedeutet für viele Menschen dem Leben einen Sinn zu geben.

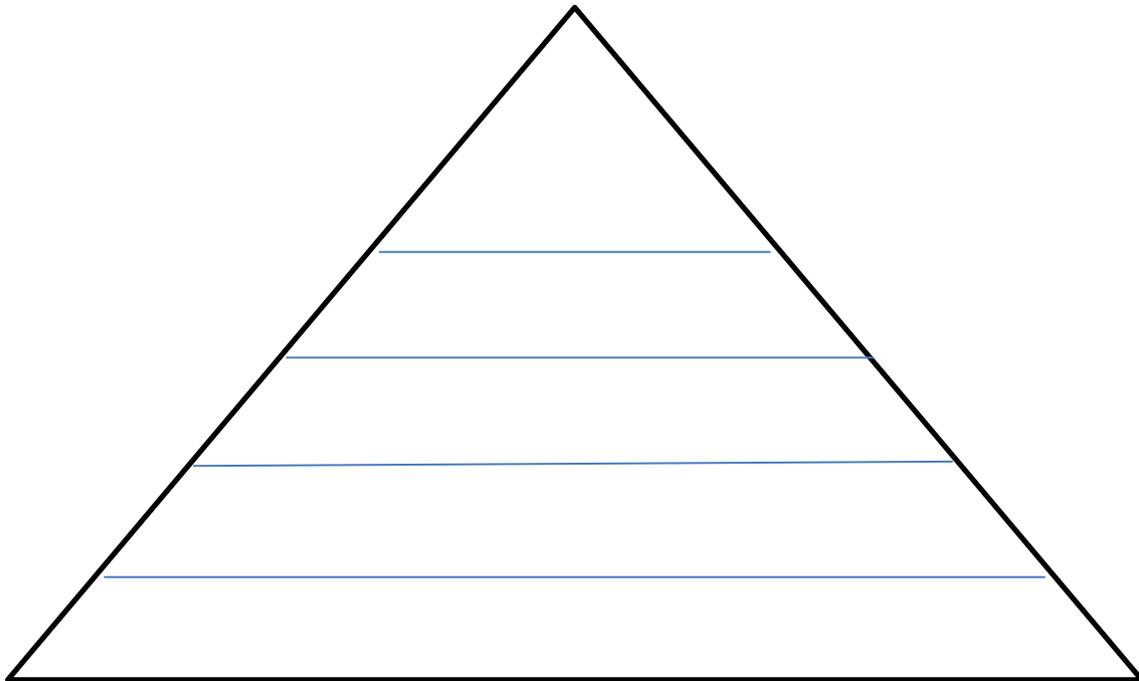
Die ersten vier Bedürfnisse nennt Maslow auch „Defizitbedürfnisse“, bei Nichtbefriedigung können daraus z. B. Krankheiten oder ein Gefühl der Entbehrung entstehen bzw. hervorgerufen werden. Die Bedürfnisse sind so strukturiert, dass an die Stelle eines erfüllten Bedürfnisses das nächsthöhere tritt. Je höher das Bedürfnis, desto weniger wichtig ist es für das reine Überleben, denn es kann leichter aufgeschoben werden. Zu den „Wachstumsbedürfnissen“ zählen die Ebenen „Individualbedürfnisse“ und „Selbstverwirklichung“.

BPE 6.3

Thema: Motivation

Datum

1. Übertragen Sie die Stufen der Bedürfnispyramide.



*Abb. 1: Maslow'sche Bedürfnispyramide, eigene Erstellung*

2. Benennen Sie Angebote, die Sie als künftige Arbeitnehmer aus der Sicht der Bedürfnispyramide bei Ihrem zukünftigen Arbeitgeber vorfinden möchten. Notieren Sie Ihre Gedanken in der folgenden Tabelle.

| Ebene der Bedürfnisse nach Maslow | Passende Angebote für Mitarbeiter |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                   |                                   |
|                                   |                                   |
|                                   |                                   |
|                                   |                                   |
|                                   |                                   |

Binnendifferenzierung: 2. Beschreiben Sie Ihre persönlichen Bedürfnisse in jeder Ebene.

| Ebene der Bedürfnisse nach Maslow | Persönliche Bedürfnisse |
|-----------------------------------|-------------------------|
|                                   |                         |
|                                   |                         |
|                                   |                         |
|                                   |                         |
|                                   |                         |

3. Beurteilen Sie die Maslow'sche Bedürfnispyramide kritisch.

**Lösungsvorschlag**

Die Maslow'sche Bedürfnispyramide:

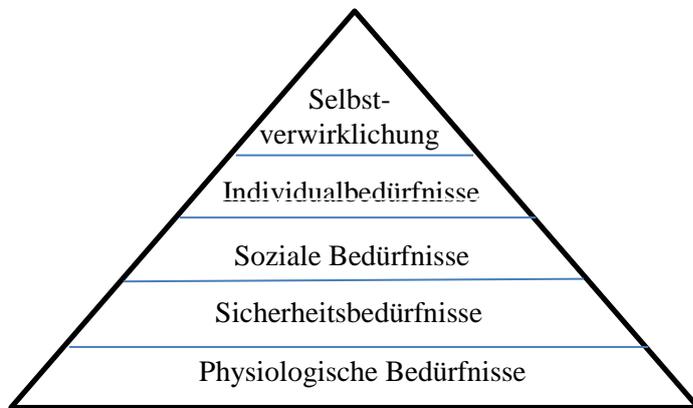


Abb. 1: Maslow'sche Bedürfnispyramide, eigene Erstellung

Arbeitnehmer – Beispiele:

| Ebene der Bedürfnisse nach Maslow | Passende Angebote für Mitarbeiter  |
|-----------------------------------|--|
| Physiologische Bedürfnisse        | Kantine (Essen), schadstoffarme Umgebung, ergonomisches Mobiliar etc.                      |
| Sicherheitsbedürfnisse            | langfristiger Arbeitsvertrag, Versicherungsschutz, Altersvorsorge, angemessene Bezahlung   |
| Soziale Bedürfnisse               | gute Beziehungen zu den Vorgesetzten und Kollegen, Räumlichkeiten zum Austausch (Teeküche) |
| Selbstwert                        | Lob durch Vorgesetzte, Titel und Statussymbole (Dienstwagen)                               |
| Selbstverwirklichung              | Möglichkeiten mit zu entscheiden, Weiterbildung, Karrierechancen                           |

Persönliche Beispiele:

| Ebene der Bedürfnisse nach Maslow | Persönliche Bedürfnisse   |
|-----------------------------------|---|
| Physiologische Bedürfnisse        | gutes Essen, Pizza am WE, gute Kleidung, frische Luft/Pausen...   |
| Sicherheitsbedürfnisse            | sicherer Weg nach Hause, abgeschlossene Wohnung, eigene Wohnung, geregelter Verkehr u. a.   |
| Soziale Bedürfnisse               | Familie, gutes Verhältnis zu Eltern, Freunde, Partner, keine Kritik/Stress/Streit   |
| Selbstwert                        | Anerkennung von Freunden, Familie; freundliche Lehrer trotz weniger guter Noten...  |
| Selbstverwirklichung              | Unterstützung bei der Berufswahl, gute Chancen für Studium/Ausbildung<br>Möglichkeit, Talent zu entfalten und Hobby auszuüben (Musik, Sport etc.) |

Kritik:

- Zufriedenheit eines Menschen nicht messbar, sondern nur über dessen Selbstaussage nachvollziehbar (keine empirischen Beweise).
- Der Begriff der Selbstverwirklichung muss stets inhaltlich ausgelegt werden.
- Grenzen zwischen den einzelnen Ebenen sind nicht starr, sondern verlaufen eher fließend.
- Bedürfnisse generationsabhängig: ältere Personen haben ggf. größeres Sicherheitsbedürfnis als jüngere, die in Europa in Frieden aufwachsen konnten.

|         |                           |       |
|---------|---------------------------|-------|
| BPE 6.3 | Thema: Motivationsmodelle | Datum |
|---------|---------------------------|-------|

Arbeitsauftrag 1:

Bilden Sie vier Expertengruppen zu den Themen:

- Erweitertes kognitives Motivationsmodell
  - Selbstwirksamkeit
  - Kontrollüberzeugung
  - Rubikonmodell
1. Erarbeiten Sie selbstständig die wesentlichen Inhalte des jeweiligen Modells.
  2. Nutzen Sie für das Rubikonmodell den Informationstext und das Arbeitsblatt.
  3. Führen Sie zu den anderen Modellen eine Internetrecherche durch.
  4. (Binnendifferenzierung: nur Rubikonmodell)
  5. Diskutieren Sie in den Expertengruppen die Kernaussagen des jeweiligen Modells und fassen Sie diese kurz zusammen.
  6. Vermitteln Sie die Inhalte aus Ihrer Expertengruppe in den Stammgruppen.

#### Das Rubikonmodell

Das Rubikon-Modell von Heckhausen betrachtet menschliches Handeln unter einer chronologischen Perspektive.

Es werden vier Phasen unterschieden:

In der Abwäge-Phase wählt eine Person ein oder mehrere Wünsche/Ziele aus, die sie umsetzen möchte (alternativ erwägt sie das Vermeiden von etwas Unerwünschtem). Gleichzeitig werden Erwartungen geweckt, ob das Gewünschte herbeigeführt (bzw. das Befürchtete oder Unerwünschte vermieden) werden kann. Die dazu jeweils anzustellenden Überlegungen können aufwendig sein, es ergeben sich beispielsweise zunächst Fragen zur Selbstmotivation, Ressourcen, Folgen für das Umfeld etc.

In der zweiten Phase bestimmt der Mensch die Mittel, mit denen er das Ziel erreichen möchte. Unter Umständen müssen bis zur Handlungsdurchführung erst die entsprechenden Rahmenbedingungen geschaffen und das Ziel von anderen Interessen „abgeschirmt“ werden.

In der Handlungsphase (dritte Phase) kommt es dann zur konkreten Umsetzung. Wenn es nicht zu einem Handlungsabbruch kommt, wird der angestrebte Zielzustand erreicht, was den Abschluss der Handlungsausführung darstellt.

Die letzte Phase kennzeichnet sich durch den Abschluss der Handlung: Die drei vorherigen Phasen werden bewertet und letztlich wird die Zielerreichung auf Erfolg oder Misserfolg und die jeweils begünstigenden Faktoren beurteilt. Diese Phase abschließend, leitet die Person Konsequenzen für zukünftiges Handeln ab.

Arbeitsauftrag 2:

Vervollständigen Sie die Abbildung zum Rubikon-Modell mit folgenden Begriffen:

Abwägen, Bewerten, Planen, Handeln; Motivation = Ziele setzen und bewerten, Motivation = Ziele setzen und bewerten, Volition = Ziel aufrechterhalten und realisieren









**Arbeitsauftrag 3:**

Setzen Sie einen lang gehegten persönlichen Wunsch um. Gehen Sie dabei die vier Schritte des Rubikon-Modells.

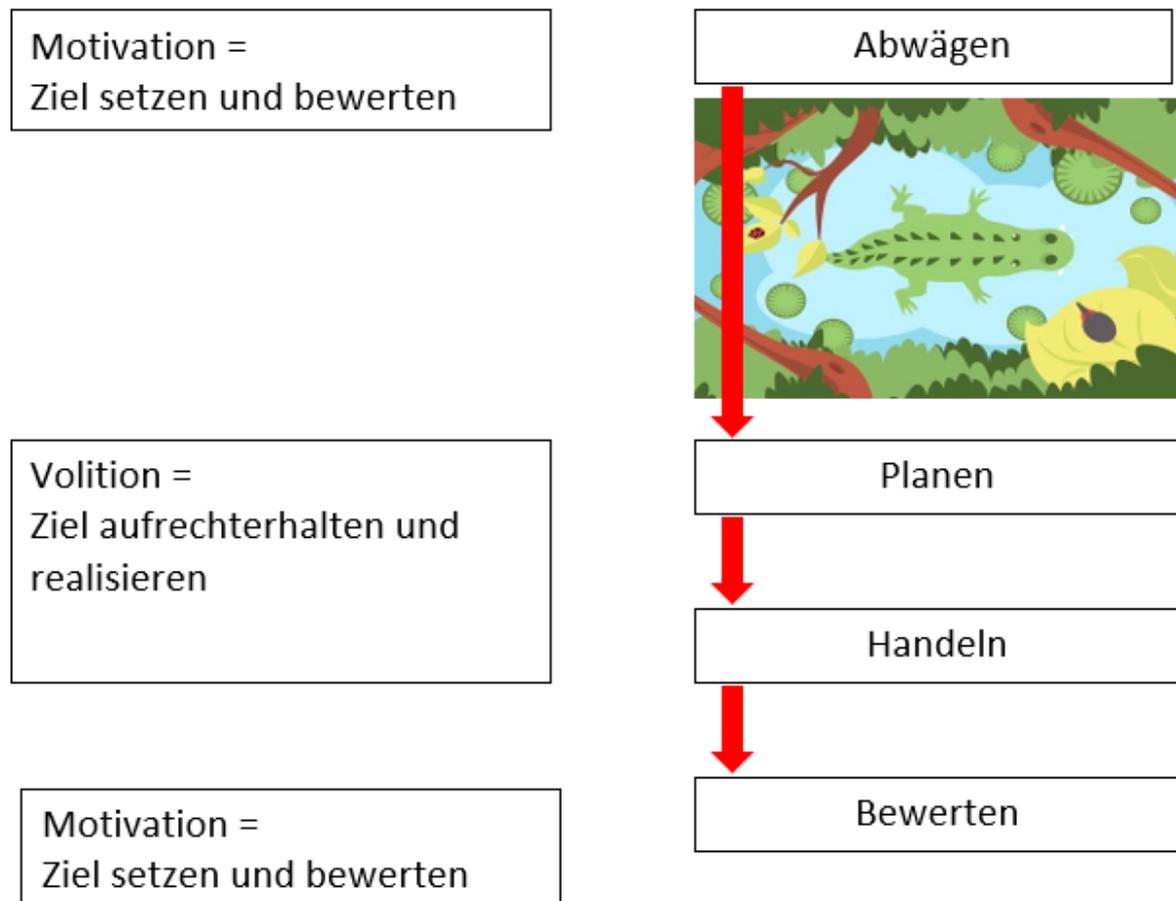
**Mögliche Hilfsfragen:**

Was könnte Sie daran hindern, Ihr Ziel zu erreichen?

Welche Situationen, Orte oder Kontexte möchten Sie meiden, um Ihr Ziel nicht zu gefährden?

Was können Sie tun, damit Ihre Motivation erhalten bleibt?

Was will die Schule, die Familie, Freundeskreis etc.?

**Lösungsvorschlag:**


| Modell                                   | Kernaussagen   |
|--|--|
| Rubikon                                  | In vier Phasen erfolgt nach einem Abwägen von Für und Wider ein geplantes Handeln. Abschließend wird dieses Handeln bewertet und daraus Schlussfolgerungen für künftiges Handeln gezogen.  |
| Erweitertes kognitives Motivationsmodell | <p>Vier Säulen bilden die Grundlage für künftiges Handeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wahrgenommene Situation</li> <li>– eine mögliche Handlung</li> <li>– ein mögliches Ergebnis</li> <li>– Folgen aus dieser Handlung</li> </ul> <p>Diese Ergebnis-Folge-Erwartung bestimmt die Motivation zu handeln.</p> <p>Aussagenlogische Fassung: Durch Beantwortung folgender Fragen lässt sich ein Handeln weitestgehend vorhersagen:</p> <p>Ist ein Ergebnis bereits durch die Situation vorherbestimmt?</p> <p>Ist das Ergebnis durch mich beeinflussbar?</p> <p>Sind mir die Folgen wirklich wichtig?</p> <p>Werden die erwünschten Folgen durch das Ergebnis erreicht?</p> |
| Selbstwirksamkeit                        | Motivation wird bestimmt von der festen Überzeugung, Probleme und schwierige Situationen, Entscheidungen aus eigener Kraft bewältigen zu können.   |
| Kontrollüberzeugung                      | <p>Das Auftreten eines Ereignisses, z. B. einer Krankheit oder eines Problems, ist abhängig vom eigenen Verhalten – es ist also kontrollierbar (internal). Eine Kontrollierbarkeit kann die Motivation steigern, ein Verhalten zu verändern.</p> <p>Glaubt der Mensch jedoch, das Ereignis ist nicht von seinem Verhalten abhängig (external), so kann er es nicht kontrollieren.</p>  |

**Zusammenhang Motivation – Entstehung von Gesundheit und Krankheit:**

Ist die Person in der Lage, ein Für und Wider eines Verhaltens abzuwägen, die Folgen zu erkennen und davon überzeugt, nicht nur dieses Verhalten kontrollieren zu können, sondern auch in schwierigen Situationen die richtige Entscheidung treffen zu können, wird sie sich eher gesundheitsfördernd verhalten und somit die Entstehung von Krankheit verhindern.

### 3.6.5 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Grafik „Erfahrung mit illegalen Drogen nach Geschlecht bei 12 – bis 25-Jährigen in Prozent der Befragten nach Geschlecht seit 1973“, Region: Deutschland. Quelle: Die Drogenaffinität Jugendlicher in der Bundesrepublik Deutschland, Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. Verfügbar unter: <https://www.bzga.de/forschung/studien/abgeschlossene-studien/studien-ab-1997/suchtpraevention/die-drogenaffinitaet-jugendlicher-in-der-bundesrepublik-deutschland-2015-1/> [21.10.2020].

Wirtschaftspsychologische Gesellschaft. Bedürfnispyramide nach Maslow. Beispiele und Kritik. Verfügbar unter: <https://wpgs.de/fachtexte/motivation/beduerfnispyramide-maslow-beispiele-kritik-motivationstheorie/> [26.04.2020].

Hobmair, Hermann: Pädagogik/Psychologie für die berufliche Oberstufe. Band 1. Bildungsverlage EINS, 2012.

Rheinberg, Falko.: Motivation in Grundriss der Psychologie. 5. Auflage. Kohlhammer: Stuttgart, 2004.

Gerring, Zimbardo: Psychologie. Pearson Studium, 2008.

Myers, David G.: Psychologie. Springer Medizin Verlag: Heidelberg, 2008.

### 3.6.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Trailer zum Film 127 Hours: Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=nFRXkeSC8Ro> [16.04.2020].



Gesundheitsberichtserstattung des Bundes: Verfügbar unter: [http://www.gbe-bund.de/gbe10/pkg\\_isgbe5.prc\\_isgbe?p\\_uid=gast&p\\_aid=0&p\\_sprache=D](http://www.gbe-bund.de/gbe10/pkg_isgbe5.prc_isgbe?p_uid=gast&p_aid=0&p_sprache=D) [21.10.2020].



Planet Schule: Glück in der Werbung. Verfügbar unter: <https://www.planet-schule.de/sf/spezial/glueckswoche/deutsch/unterricht/werbung.php> [26.04.2020].



### 3.7 BPE 16 Reproduktion und Genetik – Möglichkeiten und Grenzen

Die BPE 16 Reproduktion und Genetik – Möglichkeiten und Grenzen greift Inhalte aus BPE 2 Zelluläre Grundlagen des menschlichen Körpers sowie aus BPE 14 Hormone – die Balance halten auf. Sie vertieft diese am Beispiel der Fortpflanzung des Menschen und zeigt Methoden zur Diagnostik von genetischen Besonderheiten auf. So werden die Grundlagen des Zellzyklus (BPE 2.8) und der hormonelle Regelkreis (BPE 14.1) für das Verständnis der Keimzellentwicklung und die Befruchtung einer Eizelle während des weiblichen Zyklus benötigt. Für die Erarbeitung der Präimplantationsdiagnostik (PID) und zytogenetischer Verfahren sowie der Stammbaumanalyse sind Vorkenntnisse aus BPE 2.8 Mutagene, Mutationen und Karyogramm notwendig. Die Polymerase Kettenreaktion (PCR) und Gene-Editing-Verfahren setzen das Verständnis der Replikation, deren Reparaturmechanismen (BPE 2.5) sowie der Transkription und der Regulation der Genexpression (BPE 2.7) voraus. Für den Einsatz der Methode des DNA-Fingerprintings in der PND/PID ist wiederum die Kenntnis verschiedener Mutationen notwendig.

#### **STUNDENTAFEL FÜR BPE 16**

Insgesamt werden für diese BPE zwanzig Stunden veranschlagt. Sechs Stunden in Klammern entsprechen den Stunden in geteiltem Unterricht, diese sind in den regulären Stunden enthalten und in der Stundentafel ebenfalls in Klammern ausgewiesen. Ein Beispiel könnte hier die humangenetische Beratung sein, die anhand von Rollenspielen oder Fallbeispielen in einer kleineren Gruppe leichter diskutiert werden kann. Aus dem Pool der VIP-Stunden können für die BPE 16 zusätzlich fünf Stunden verwendet werden. Möglichkeiten hierfür wären die Verknüpfung der Auswirkungen von Teratogenen auf die Embryonal- und Fetalentwicklung (BPE 16.2) mit der Pränataldiagnostik (PND, BPE 16.3), die Vertiefung von Familienplanung bei ungewollter Kinderlosigkeit (BPE 16.3) anhand von Fallbeispielen sowie ggf. bei Vorhandensein eines entsprechenden Labors bzw. einer Exkursionsmöglichkeit zu einem Labor ein Praktikum zu DNA-Fingerprinting mit PCR (BPE 16.5, vgl. 3.10.5 weiterführende Hinweise). Weiter ist eine ethische Betrachtung zum Einsatz von Gene-Editing-Verfahren wie dem CRISPR/Cas9-System in der Keimbahntherapie, wie die derzeit auch in der Fachwelt geführt wird, denkbar (vgl. 3.10.5 weiterführende Hinweise).

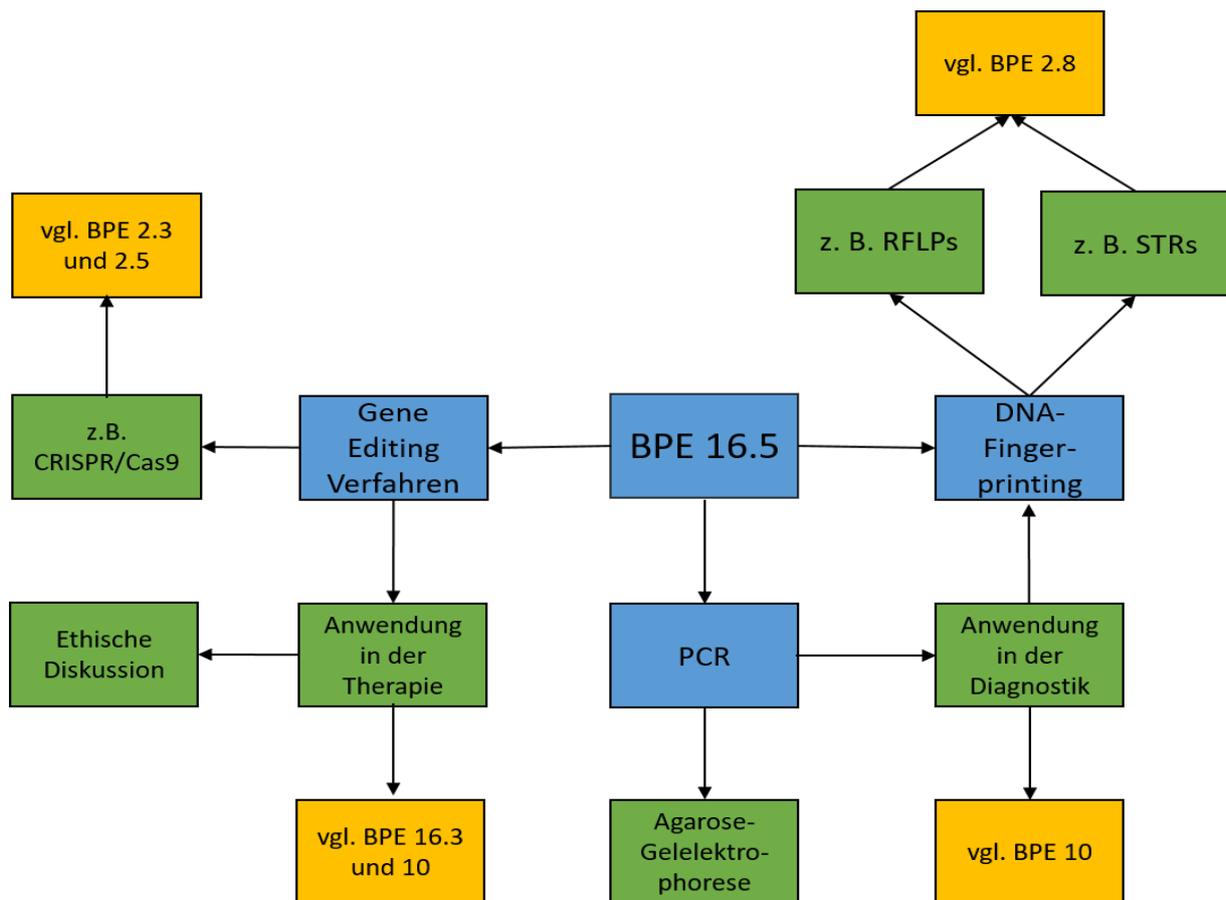
| <b>BPE 16</b> | <b>REPRODUKTION UND GENETIK – MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN</b>   | <b>20 (6)</b> |
|---------------|---|---------------|
| BPE 16.1      | Meiose  | 1             |
|               | Rekombination<br>interchromosomal<br>intrachromosomal   | 1             |
|               |   | <b>2</b>      |
| BPE 16.2      | Weiblicher Zyklus<br>Aufbau und Funktion der weiblichen Geschlechtsorgane<br>Phasen und deren hormonelle Regulation   | 1             |
|               | Befruchtung und Einnistung der Eizelle  | 0,5           |
|               | Embryonal- und Fetalentwicklung<br>Überblick<br>Einfluss von Teratogenen  | 2             |
|               |   | <b>3,5</b>    |
| BPE 16.3      | Pränataldiagnostik (PND)<br>Nicht-invasive Verfahren<br>Invasive Verfahren<br>Sensitivität und Spezifität diagnostischer Tests  | 2             |
|               | Familienplanung bei ungewollter Kinderlosigkeit<br>Ursachen: biologische, psycho-soziale Umstände<br>Assistierte Fortpflanzung: intrauterine Insemination (IUI), in-vitro-Fertilisation (IVF), intrazytoplasmatische Spermieninjektion (ICSI)<br>Präimplantationsdiagnostik (PID)<br>zytogenetische Verfahren | 2<br>0,5<br>1 |
|               | Humangenetische Beratung  | (2)           |
|               |   | <b>7,5</b>    |
| BPE 16.4      | Stammbaumanalyse<br>autosomale und gonosomale Erbgänge<br>rezessive und dominante Erbgänge  | (2)           |
|               |   | <b>2</b>      |
| BPE 16.5      | <b>Polymerasekettenreaktion (PCR)</b>   | 2             |
|               | DNA-Fingerprinting  | 1             |
|               | Gene-Editing-Verfahren, z. B. mit CRISPR/Cas  | (2)           |
|               |   | <b>5</b>      |

### 3.8 BPE 16.5 Polymerasekettenreaktion (PCR), DNA-Fingerprinting, Gene-Editing-Verfahren

Nachfolgend werden die Inhalte der BPE 16.5 in einer Mindmap dargestellt. Dabei wird farblich zwischen drei Ebenen unterschieden.

Blau hinterlegte Inhalte sind fachliche Oberbegriffe der Bildungsplaneinheit. Die grün hinterlegten Inhalte konkretisieren diese Oberbegriffe und sollen helfen, diese inhaltlich zu füllen.

In den orangen gefärbten Kästchen wird auf Vernetzungen und Zusammenhänge zu einer anderen Bildungsplaneinheit verwiesen.



#### MÖGLICHE VERLAUFSPLANUNG FÜR DIE BPE 16.5

Die drei molekularbiologischen Methoden „Polymerasekettenreaktion (PCR)“, „DNA-Fingerprinting“ und „Gene-Editing-Verfahren“ stellen Beispiele des, in den Vorbemerkungen zur BPE 16 beschriebenen, übergeordneten Unterrichtsthemas „Molekularbiologische Verfahren und deren Einsatz in der Diagnostik und Therapie“ dar.

Für einen Einstieg in dieses übergeordnete Thema bieten sich die im Vorfeld in der medizinischen Diagnostik (PND, PID, BPE 16.3) behandelten genetischen Besonderheiten an, wie Chromosomenaberrationen und Basenmutationen, die zu Erbkrankheiten führen. Diese können als Textbausteine oder anhand von selbst recherchierten Bildern oder Videos thematisiert oder visualisiert werden und eine kurze Diskussion über deren genaue Diagnostik auf molekularer Ebene einleiten.

Als Beispiel für eine ausgearbeitete Unterrichtsstunde wurde die Methode der Polymerasekettenreaktion (PCR) gewählt, sie stellt zusammen mit der sich obligat anschließenden Methode der Agarose-Gelelektrophorese (GE) eine unersetzbare Standardmethode für die Lösung der vielfältigsten Fragestellungen rund um das Erbgut von Lebewesen dar.

Hierzu gehört auch das moderne DNA-Fingerprinting, das eine der Anwendungsmöglichkeiten der PCR mit GE darstellt und sich daher direkt an diese Unterrichtseinheit anschließt. Das DNA-Fingerprinting kann ggf. auch in einem Laborpraktikum innerhalb der VIP-Stunden vertieft werden (vgl. 3.10.5). Die neu enthaltene Methode Gene-Editing-Verfahren, mit dem derzeit meistverwendeten System CRISPR/Cas9, schließt die BPE 16.5 ab. Für diese Methode wird ein geteilter Unterricht empfohlen, um das Thema sowohl molekularbiologisch fachlich als auch anhand einer ethischen Betrachtung fundierter erarbeiten zu können. Sowohl für das DNA-Fingerprinting als auch für das Gene-Editing-Verfahren CRISPR/Cas9 sind Materialien für die Umsetzung im Unterricht im Anhang beigelegt.

### 3.8.1 FACHLICHE HINWEISE

Die molekularbiologischen Methoden ermöglichen es, genetische Besonderheiten und Erbkrankheiten, die im Zusammenhang mit der PND und PID in der Reproduktionsmedizin besprochen wurden, auf Ebene der DNA genau zu diagnostizieren und gezielt zu therapieren. Als Grundlage für ein Verständnis dieser molekularbiologischen Methoden sind die Inhalte der BPEs 2.5, 2.7 und 2.8 unerlässlich. Die PCR, mit der sich daran obligat anschließenden Agarose-Gelelektrophorese stellt eine Standardmethode in der Grundlagenforschung und medizinischen Diagnostik dar. Sie wird beispielsweise beim DNA-Fingerprinting eingesetzt, als Nachweis eines sogenannten RFLP (Restriktionsfragment Längenpolymorphismus) z. B. in der Erbkrankheit Sichelzellanämie oder von STRs (Short Tandem Repeats) z. B. in der Erbkrankheit Chorea Huntington oder auch in einem Vaterschaftsnachweis. Darüber hinaus, stellen sowohl die PCR als Antikörper-unabhängige Diagnostik-Methode als auch Gene-Editing-Verfahren, wie das CRISPR/Cas9-System als Therapie-Ansatz eine Möglichkeit zur Wiederholung von Infektionskrankheiten dar (BPE 10).

### 3.8.2 DIDAKTISCHE HINWEISE

Die in diesem BP Gesundheit und Biologie nun stärker verankerte Methode der PCR ist, zusammen mit der sich obligat anschließenden Methode der Agarose-Gelelektrophorese (GE), eine molekularbiologische Standardmethode und ermöglicht vielfältige Anwendungsmöglichkeiten rund um Fragestellungen der Humangenetik und darüber hinaus. Nach einem übergeordneten Einstieg in die BPE 16.5 in Anlehnung an die zuvor erarbeitete PND/PID werden in der vorgestellten Unterrichtseinheit „PCR mit GE“ diese beiden Methoden vertieft erarbeitet. Es besteht die Möglichkeit, einer Binnendifferenzierung, sowohl bei der Erarbeitung des Themas als auch bei einer der Lernzielkontrollen (vgl. 4.1). Die Kompetenz, anhand eines Beispiels die Abbildung der GE einer PCR zu interpretieren, schließen diese Unterrichtseinheit als Transferleistung ab. In der sich unmittelbar anschließenden Unterrichtseinheit „DNA-Fingerprinting“ können dann die im übergeordneten Einstieg thematisierten Erbkrankheiten und ihre molekulare Diagnostik bzw. die Möglichkeiten eines Vaterschaftsnachweises oder eines Täterprofils

(Forensik) erarbeitet werden. Sofern freie zeitliche Kapazitäten zur Verfügung stehen, können als Vertiefung und Quervernetzung zur BPE 10 weitere Anwendungsbeispiele der PCR in der Diagnostik von Infektionskrankheiten (z. B. HIV, SARS-CoV-2) genutzt werden.

### 3.8.3 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

In der vorgestellten Unterrichtseinheit „PCR mit GE“ wird die Möglichkeit des kooperativen Lernens am Beispiel eines „Lerntempoduetts“ mit insgesamt fünf Arbeitsphasen vorgestellt (vgl. Materialiensammlung; lehrerfortbildung-bw.de). Hier wechseln sich zweimal Phasen in Einzelarbeit mit solchen in Partnerarbeit ab, die abschließende Phase der Konsolidierung erfolgt im Plenum. Der Einstieg in das übergeordnete Unterrichtsthema kann mithilfe digitaler Medien anhand eines Videos, eines Filmausschnitts oder auch recherchierter Bilder erfolgen. Zur Konsolidierung der Unterrichtseinheit „PCR und GE“ können Angebote eines freien oder lizenzierten Gentechnik-Lernprogramms (vgl. 2.1) genutzt werden. Die Lernmethode des „Lerntempoduetts“ fördert die Kompetenz für das Verständnis von Texten und Bearbeiten von Aufgaben, sie besitzt einen leichten Wettbewerbscharakter, da schnellere Schülerinnen und Schüler mehr Aufgaben lösen können. Alle Schülerinnen und Schüler haben aber Zugriff auf das gesamte Arbeitsmaterial. Durch Erläutern und Visualisieren des realitätsbezogenen Prinzips einer molekularbiologischen Methode wird die fachliche und kommunikative Kompetenz gefördert. Darüber hinaus wird die persönliche Kompetenz im Austausch und Arbeiten an einer gemeinsamen Aufgabe gefördert. Die Lehrkraft begleitet die Schülerinnen und Schüler individuell bei auftauchenden Problemen während der Lernzeit.

### 3.8.4 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Nachfolgend wird eine konkrete Unterrichtsstunde der BPE 16.5 vorgestellt. Der tabellarische Verlaufsplan der Unterrichtsstunde dient der übersichtlichen Orientierung bei der Umsetzung. Er enthält außerdem die nötigen Vorkenntnisse und angestrebten Stundenziele, entsprechend den Vorgaben des Bildungsplans. Die zugehörigen Arbeitsblätter und Lösungsvorschläge folgen dann entsprechend.

#### STUNDENVERLAUFSPLANUNG DETAILLIERT ZUR UNTERRICHTSEINHEIT "PCR MIT GE"

**Ziele der Unterrichtsstunde, die Schülerinnen und Schüler sollen:**

- die Anwendungsmöglichkeiten der PCR nennen
- das Prinzip der PCR beschreiben und mit der zellulären Replikation vergleichen
- die Anwendungsmöglichkeiten der GE nennen
- das Prinzip der GE beschreiben
- die Abbildung einer GE mit vervielfältigten DNA-Fragmenten einer PCR interpretieren

**Vorkenntnisse:**

Aufbau der DNA, Replikationsmechanismus, Enzym-Wirkung (und -Denaturierung), ggf. Stammbaumanalyse, nicht invasive/invasive Pränataldiagnostik, Gen-/Chromosomenmutationen

| ZEIT (MIN.) | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR  | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN   |
|-------------|--|---|--|
| ca. 5'      | <p><b>problemorientierter Einstieg</b></p> <p>z. B. Composit mit Textbausteinen/Begriffen/Bildern zu PND, Vaterschaftsnachweis, Forensik, „Jurassic Park“ etc.</p> <p>Diskussion über die Notwendigkeit, die für eine Analyse benötigte DNA zu vervielfältigen, da diese meistens nur in winzigen Mengen vorhanden ist, z. B. nur wenige Moleküle Nukleinsäure aus dem Genom des ungeborenen Kindes bei einer Gewebeentnahme aus den Chorionzotten (PND). <b>Thema: Die Polymerase Kettenreaktion (PCR) mit Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentenkamera</li> <li>Tafel</li> </ul>  |
| ca. 5'      | <p><b>Erarbeitungsphase</b></p> <p>Erläuterung Lerntempoduett mit fünf Phasen</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentenkamera</li> </ul>   |
| ca. 25'     | <p><b>Phase I – Lernen in Einzelarbeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SuS lesen den Text von AB-A (Infotext zu PCR) bzw. AB-B (Infotext zu GE) in eigenem Tempo.</li> <li>SuS visualisieren die Inhalte des Textes A bzw. B auf einem Blatt (Skizze PCR-Phasen bzw. GE-Aufbau/-Lauf).</li> <li>Fertige SuS signalisieren dies und bilden Paare (Expertenpaar aus Text A bzw. B).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelarbeit</li> <li>LK begleitet</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentenkamera</li> <li>AB-A (PCR) und AB-B (GE) bzw. Texte aus Fachbuch</li> </ul> |
| ca. 10'     | <p><b>Phase II – Lernen im Expertenpaar</b></p> <p>SuS eines gleich schnellen Expertenpaars erklären sich gegenseitig den Inhalt der Texte A (PCR) bzw. B (GE) anhand der zusammengefassten Visualisierungen.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Partnerarbeit</li> <li>LK begleitet</li> </ul> |  |
| ca. 10'     | <p><b>Phase III – Lernen in Einzelarbeit (Konsolidierung I)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SuS lesen den jeweils anderen Text.</li> <li>Fertige SuS signalisieren dies und bilden Paare (Expertenpaar aus Text A bzw. B).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelarbeit</li> <li>LK begleitet</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>AB-A und AB-B</li> </ul>  |
| ca. 20'     | <p><b>Phase IV – Lernen im Expertenpaar (LZK I)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SuS eines gleich schnellen Expertenpaars holen sich das Aufgaben-AB für die Themen (PCR) und (GE).</li> <li>SuS bearbeiten Aufgaben in selbst gewählter Reihenfolge bis zum Ende der Lernzeit.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Partnerarbeit</li> <li>LK begleitet</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentenkamera</li> <li>Aufgaben-AB</li> </ul>                                      |
| ca. 10'     | <p><b>Phase V – Plenum (Konsolidierung II)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SuS der jeweiligen „Nicht-Experten“-Gruppe wiederholen Inhalte zu Text A (PCR) und Text B (GE) nochmals anhand der Visualisierungen.</li> <li>SuS stellen Lösungen der bearbeiteten Aufgaben vor.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dokumentenkamera</li> </ul>   |

| ZEIT<br>(MIN.) | LERNPHASEN/<br>DIDAKTISCHER KOMMENTAR  | LEHR-SOZIAL-FORM  | MEDIEN/ANLAGEN   |
|----------------|--|---|--|
| ca. 5'         | <b>Puffer/LZK II:</b><br>SuS interpretieren die Abbildung der GE eines PCR-Ergebnisses (z. B. aus Forensik). | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lehrer-Schüler-Gespräch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentenkamera</li> <li>• Abbildung</li> <li>• ggf. AB</li> </ul> |

**ARBEITSBLÄTTER ZUR UNTERRICHTSSTUNDE „PCR MIT GE“:**

|                           |  |              |
|---------------------------|--|--------------|
| <b>BPE</b><br><b>16.5</b> | <b>Thema</b><br><b>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit</b><br><b>Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | <b>Datum</b> |
|---------------------------|--|--------------|

**Lernmethode „Lerntempoduett“**

Das Lerntempoduett ist eine kooperative Lernmethode mit zwei gleichwertigen und unabhängigen, aber zusammenhängenden Lernthemen A und B, die in fünf Phasen bearbeitet werden. Sie erarbeiten sich die Themen A und B jeweils in Einzelarbeit und festigen und vertiefen diese Themen dann in Partnerarbeit sowie im Plenum. Die Bearbeitung der Arbeitsaufträge gestalten Sie jeweils in Ihrem eigenen Lerntempo (im Rahmen der Unterrichtsstunde). Am Ende jeder Einzelarbeitsphase suchen Sie sich eine gleich schnelle Partnerin oder einen gleich schnellen Partner für die Erarbeitung der Partnerarbeitsphase.

**Arbeitsauftrag:**
*Phase I:*

- Lesen Sie den Text zu Ihrem Expertenthema.
- Visualisieren Sie den Inhalt des Textes in einer beschrifteten Skizze.
- Wenn Sie fertig sind, suchen Sie sich eine gleich schnelle Partnerin oder einen gleich schnellen Partner aus der anderen Expertengruppe.

*Phase II:*

- Erklären Sie Ihrer Partnerin oder Ihrem Partner den Inhalt Ihres Textes anhand Ihrer beschrifteten Skizze.

*Phase III:*

- Lesen Sie den Text Ihrer Partnerin oder Ihres Partners und festigen Sie dessen Inhalt durch Vergleich mit der Skizze Ihrer Partnerin oder Ihres Partners.
- Wenn Sie fertig sind, suchen Sie sich eine gleich schnelle Partnerin oder einen gleich schnellen Partner aus der anderen Expertengruppe.

*Phase IV:*

- Holen Sie sich zusammen mit Ihrer Partnerin oder Ihrem Partner das Aufgaben-AB und bearbeiten Sie die Aufgaben, bis die Lernzeit zu Ende ist.

*Phase V:*

- Wiederholen Sie ggf. im Plenum den Inhalt des jeweils anderen Expertentextes anhand der von Ihrer Partnerin oder Ihrem Partner angefertigten Skizze.
- Tragen Sie ggf. die Lösung einer der bearbeiteten Aufgaben im Plenum vor.

|                    |   |       |
|--------------------|---|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | Datum |
|--------------------|---|-------|

### A – Informationstext zur Polymerasekettenreaktion (PCR)

Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) wurde im Jahr 1983 von Kary Mullis (US-Biochemiker, 1944–2019, Nobelpreis 1993) entwickelt. Sie ist eine Methode zur milliardenfachen *in vitro* Herstellung von Kopien eines einzigen spezifischen DNA-Fragments und läuft ähnlich wie die Replikation in der Zelle eines Organismus ab.

Die PCR wird für die verschiedensten Ziele eingesetzt, wie z. B. zur Stammbaum- oder Vaterschaftsanalyse, bei der Pränataldiagnostik genetischer Erkrankungen, zur gentechnischen Herstellung eines Medikaments (z. B. Human-Insulin), zur Diagnostik einer Virusinfektion (z. B. HIV), bei der Verbrechensaufklärung (Forensik), zur Analyse archäologischer Knochenfunde u. v. m.

Der Ablauf der PCR erfolgt in einem Drei-Phasen-Zyklus mit ca. 30 Wiederholungen, die automatisch in einem PCR-Gerät, dem Thermocycler ablaufen. Dieser enthält einen Temperatur-regulierbaren Metallblock in den die Reaktionsgefäße mit den molekularen Bestandteilen DNA-Matrize, Primer, Nukleotide und Polymerase gestellt werden. Die DNA-Matrize enthält die zur Vervielfältigung bestimmte DNA. Dafür reichen Spuren von DNA aus und lediglich die Sequenzen der Enden müssen bekannt sein. Die Primer sind zwei synthetisch hergestellte gegenläufige Oligonukleotide, die an beiden Enden der DNA bei einer bestimmten Temperatur (ca. 50 bis 65 °C) spezifisch binden und im Überschuss zugesetzt werden. Auch die Nukleotide, eigentlich Nukleotidtriphosphate (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), sind im Überschuss vorhanden. Die verwendete DNA-Polymerase muss hitzestabil sein, z. B. die bakterielle *Taq*-Polymerase aus *Thermophilus aquaticus*.

Die drei Phasen eines Zyklus laufen folgendermaßen ab: Erstens wird die DNA bei der Denaturierung für 2 Minuten auf ca. 95 °C erhitzt. Dies dient zur Trennung (Schmelzen) des Doppelstrangs (Matrize) in Einzelstränge, in weiteren Zyklen reicht eine Denaturierung für 30 Sekunden aus. Zweitens erfolgt die Hybridisierung, die ca. 30 Sekunden dauert. Hier wird der Reaktionsansatz auf ca. 50 bis 65 °C abgekühlt, damit die spezifischen Primer über Wasserstoffbrücken an die einzelsträngige DNA binden können. Drittens wird der Reaktionsansatz für die Amplifizierung auf 72 °C erhitzt, dem Temperaturoptimum der *Taq*-Polymerase. Diese fügt nun Nukleotide an das 3'-Ende jedes Primers komplementär zur DNA-Matrize an. Für die Synthese eines neuen DNA-Strangs werden dabei pro 1000 Nukleotide ca. 60 Sekunden benötigt. Die drei Phasen wiederholen sich in weiteren Zyklen erneut. Jeder Zyklus verdoppelt die vorhandene DNA, bei ca. dreißig Zyklen entstehen so  $2 \exp. 30 = \text{ca. } 1 \text{ Mrd.}$  Kopien des gewünschten DNA-Fragments. Um die durch die PCR vervielfältigten, ggf. verschieden langen DNA-Fragmente auszuwerten, müssen diese nun durch eine Agarose-Gelelektrophorese aufgetrennt und als sogenannte Banden sichtbar gemacht werden.

|                     |  |              |
|---------------------|--|--------------|
| <b>BPE<br/>16.5</b> | <b>Thema<br/>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit<br/>Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | <b>Datum</b> |
|---------------------|--|--------------|

**B – Informationstext zur Agarose-Gelelektrophorese (GE)**

Die Elektrophorese ist ein biochemisches Trennverfahren, bei dem die Wanderung von geladenen Molekülen in einem elektrischen Feld zu deren Trennung ausgenutzt wird. Das Verfahren wird sowohl zu analytischen als auch zu präparativen Zwecken eingesetzt, z. B. präparative Auftrennung von Plasmiden oder Genen für eine Klonierung oder analytische Auftrennung der amplifizierten DNA-Moleküle einer PCR oder einer Sequenzierung. Auch Proteine können elektrophoretisch aufgetrennt werden (z. B. Hüllproteine von Viren).

Elektrophoresen werden meist in einer festen dreidimensionalen Gelmatrix aus Agarose oder Polyacrylamid durchgeführt. Nach der Elektrophorese erscheinen die aufgetrennten und sichtbar gemachten Moleküle als sogenannte Banden im Gel. Die Trennschärfe, also die Wanderungsgeschwindigkeit der Moleküle und deren Trennung in einzelne Banden, selbst bei geringem Längenunterschied, ist dabei hauptsächlich abhängig von der Stärke des angelegten elektrischen Feldes, der Konformation und Größe der Moleküle sowie der Porengröße der Gelmatrix. Die Anzahl der Quervernetzungen zwischen den Agarosemolekülen bestimmt dabei die Porengröße. Für die Trennung von DNA-Fragmenten einer Größe von nur 70 Basenpaaren (bp) oder auch bis zu 50 Kilobasen (kb) werden deshalb Agarose-Gele einer Konzentration von 0,3 bis 2,5 % verwendet. Die negativ geladenen DNA-Fragmente wandern in der Gelmatrix parallel zum elektrischen Feld schlängelartig durch die Poren vom Minuspol zum gegenüberliegenden Pluspol. Ab einer bestimmten Größe werden sie nicht weiter voneinander getrennt und laufen daher in einer Bande.

Um das Agarosegel herzustellen wird die Agarose in einem heißen elektrolythaltigen Laufpuffer gelöst und anschließend in eine rechteckige horizontale Form (Gelschlitten) gegossen. An einer Seite wird ein Kamm in das noch flüssige Gel eingesetzt, damit später kleine Löcher (Geltaschen) in der festen Gelmatrix für die DNA-Proben entstehen. Das feste Agarosegel wird in die mit Laufpuffer gefüllte Elektrophoresekammer gelegt, die Geltaschen befinden sich dabei am Minuspol der Kammer. In diese werden die mit einem farbigen Probenpuffer versetzten DNA-Proben pipettiert. Durch Anlegen der Spannung wird nun ein elektrisches Feld erzeugt, das einen Ionenstrom der im Laufpuffer verwendeten Elektrolyte bewirkt und die negativ geladenen DNA-Moleküle vom Startpunkt am Minuspol zum Pluspol zieht. Hat die Lauffront des Probenpuffers Zweidrittel der Gellänge zurückgelegt, wird die Elektrophorese gestoppt. Die Abschätzung der Größe der DNA-Fragmente erfolgt durch einen DNA-Längenstandard (DNA-Fragmente definierter Größe) der als Kontrolle immer im Gel mitläuft. Zur Sichtbarmachung der DNA muss entweder vor oder nach der Elektrophorese ein Farbstoff zugesetzt werden, dies kann z. B. der DNA-interkalierende Fluoreszenzfarbstoff Ethidiumbromid sein, der die DNA-Fragmente unter dem UV-Licht als Banden sichtbar macht.

|                    |   |       |
|--------------------|---|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | Datum |
|--------------------|---|-------|

**Lernzielkontrolle I zur „PCR mit GE“**
**Arbeitsauftrag:**

Bearbeiten Sie folgende Aufgaben zur „PCR mit GE“ der Anforderungsbereiche I, II und III (in Klammern angegeben) in beliebiger Reihenfolge bis zum Ende der Lernzeit.

**Aufgaben zur PCR:**

7. (I) Beschreiben Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die PCR, davon zwei mit Bezug zum Fach Gesundheit
8. (I) Nennen Sie die Molekül-Bestandteile, die für eine PCR benötigt werden und beschreiben Sie ggf. welche Voraussetzungen diese für den Einsatz in einer PCR besitzen müssen.
9. (I) Beschriften Sie in Abb. 1 die Bestandteile und Abläufe der drei Phasen eines PCR-Zyklus.

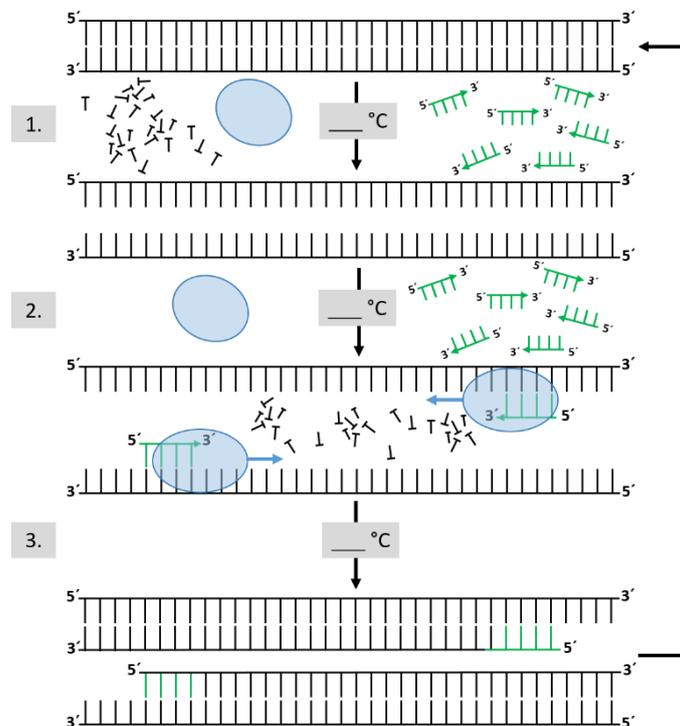


Abb. 1: Die drei Phasen eines PCR-Zyklus

10. (II) Nennen Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen einer *in vitro* PCR und der zellulären Replikation, jeweils mit einer kurzen Erklärung.
11. (II/III) Erklären Sie, warum für die Amplifizierung der DNA eine Polymerase aus einem hitzeliebenden Bakterium (z. B. *Thermophilus aquaticus*) verwendet werden muss.
12. (II) Benennen Sie die einzelnen Phasen eines PCR-Zyklus mit jeweiliger Temperatur- und Zeitangabe im Diagramm von Abb. 2 und markieren Sie einen Zyklusdurchlauf.

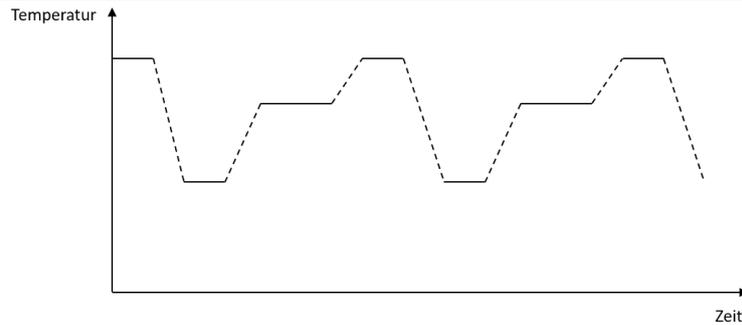


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf einzelner Phasen der PCR in Abhängigkeit von der Temperatur

13. (III) Erläutern Sie, warum die spezifische Hybridisierung eines Primerpaars an die DNA-Matrize bei 50 °C und die eines anderen bei 60 °C erfolgt.

**Aufgaben zur GE:**

14. (I) Nennen Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die Agarose-Gelelektrophorese.
15. (I) Benennen Sie die biochemischen Bestandteile für eine Agarose-Gelelektrophorese, die neben den aufzutrennenden DNA-Fragmenten benötigt werden.
16. (II) Begründen Sie anhand ihres Aufbaus, warum Nukleinsäuren in einem Agarosegel immer vom Minuspol zum Pluspol wandern.
17. (II) Beschriften Sie die Skizze einer Gelelektrophorese in Abb. 3 (1 % Agarose), mit Laufrichtung der DNA-Fragmente und Funktion der dargestellten DNA-Banden. Ordnen Sie den DNA-Banden die Größen zu (7000 bp, 3000 bp, 2000 bp, 1000 bp, 500 bp).

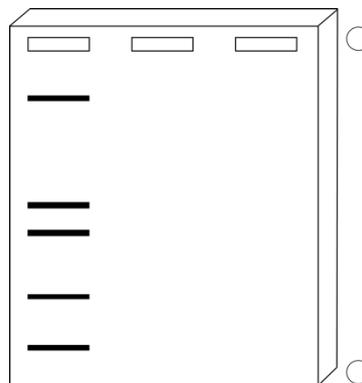


Abb. 3: Skizze einer Agarose-Gelelektrophorese zur Trennung von Nukleinsäuren

18. (II/III) Erläutern Sie, wie sich eine hohe Agarosekonzentration (z. B. 2 %) auf die Porengröße einer Gelmatrix auswirkt und welche Folgen dies für die Trennschärfe großer, mittlerer und kleiner DNA-Fragmente ähnlicher Länge hat.
19. (II) Zeichnen Sie in Abb. 3 ein, wie sich drei DNA-Fragmente mit den Längen 1100, 1200 und 2500 bp am Ende einer Elektrophorese in der Gelmatrix verteilt haben.
20. (III) Auch einzelsträngige RNA-Moleküle (wie z. B. die tRNA bei der Proteinbiosynthese) können elektrophoretisch aufgetrennt werden. Allerdings laufen sie mehr als doppelt so schnell wie gleich lange DNA-Moleküle. Begründen Sie diese Beobachtung und suchen Sie eine Lösung dafür, dass die Trennung entsprechend der Molekülgröße verläuft.

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| BPE<br>16.5 | Thema<br><b>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | Datum |
|-------------|---|-------|

**Lösungsvorschlag Lernzielkontrolle I zur „PCR mit GE“**
**Aufgaben zur PCR:**

- Beschreiben Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die PCR, davon zwei mit Bezug zum Fach Gesundheit

Bereich Gesundheit: aus Gewebeproben für die Stammbaum- oder Vaterschaftsanalysen, aus einzelnen embryonalen Zellen bei der Pränataldiagnostik genetischer Erkrankungen, zur gentechnischen Herstellung eines Medikaments (z. B. Human-Insulin) in Bakterien, zur Diagnostik viralen Erbguts (z. B. HIV) in infizierten Zellen, ...

Sonstige Anwendung: aus winzigen Mengen von Blut, Gewebe oder Samen bei der Verbrechensaufklärung (Forensik, für evolutionsgeschichtliche Zusammenhänge, z. B. aus alter DNA eines über 40 000 Jahre alten Mammut-Knochens, ...

- Nennen Sie die Molekül-Bestandteile, die für eine PCR benötigt werden und beschreiben Sie ggf. welche Voraussetzungen diese für den Einsatz in einer PCR besitzen müssen.

Eine doppelsträngige DNA-Sequenz, die die zur Vervielfältigung bestimmte DNA enthält (= Matrize), es reichen Spuren von DNA und lediglich die Sequenzen der Enden der DNA müssen bekannt sein; eine hitzestabile DNA-Polymerase, z. B. Taq-Polymerase; zwei gegenläufige Primer (Oligonukleotide), die an beiden Enden der zur Vervielfältigung bestimmten DNA bei ca. 50 °C spezifisch binden, im Überschuss; Nukleotidtriphosphate (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), im Überschuss

- Beschriften Sie in Abb. 1 die Bestandteile und Abläufe der drei Phasen eines PCR-Zyklus.

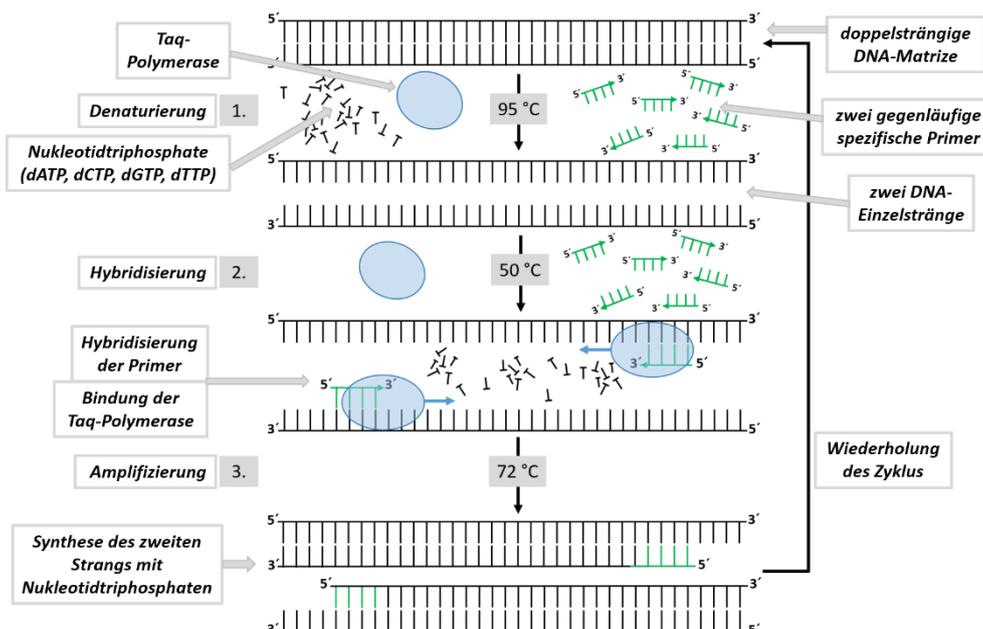


Abb. 1: Die drei Phasen eines PCR-Zyklus

4. Nennen Sie die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen einer *in vitro* PCR und der zellulären Replikation, jeweils mit einer kurzen Erklärung.

| zelluläre Replikation  | <i>in vitro</i> PCR   |
|--|---|
| Gemeinsamkeiten:<br>Benötigen beide eine doppelsträngige DNA (genomische DNA bzw. DNA-Matrize) für semi-konservative Verdopplung der DNA sowie eine DNA-Polymerase, Primer und Nukleotide. |   |
| Unterschiede:  |   |
| läuft innerhalb der Zelle ab   | läuft <i>in vitro</i> , also im Reaktionsgefäß ab   |
| Replikation läuft pro Zellzyklus nur einmal ab, es wird das gesamte Genom einmal verdoppelt.   | Der PCR-Zyklus wird ca. 30-mal wiederholt, es wird nur ein Teil der DNA-Matrize vervielfältigt  |
| Die Temperatur ist durchgehend die Lebens-temperatur des Organismus, da alle Vorgänge enzym-gesteuert sind.  | Die Temperatur wechselt innerhalb eines Zyklus, von ca. 95 °C (Denaturierung), über ca. 50–65 °C (Hybridisierung) zu ca. 72 °C (Amplifizierung) |
| DNA-Polymerase ist zelleigenes Enzym mit Aktivitätsoptimum bei normaler Zelltemperatur.  | DNA-Polmerase muss hitzestabil sein, da sie enzymlosen Denaturierungsschritt überstehen muss  |
| Die Primer werden aus RNA-Nukleotiden durch Primase am Einzelstrang synthetisiert.   | Die Primer sind spezifische DNA-Oligonukloetide und werden zugegeben  |

5. Erklären Sie, warum für die Amplifizierung der DNA eine Polymerase aus einem hitzeliebenden Bakterium (z. B. *Thermophilus aquaticus*) verwendet werden muss.

Die DNA-Polymerase muss hitzestabil sein, da die Denaturierung der DNA durch Hitze (ca. 95 °C) erfolgt und nicht durch das Enzym Helikase. Diesen Hitzeschritt muss die Polymerase überstehen, ihr Aktivitätsoptimum muss also nahe der Denaturierungstemperatur liegen (ca. 72 °C).

6. Benennen Sie die einzelnen Phasen eines PCR-Zyklus mit jeweiliger Temperatur- und Zeitangabe im Diagramm von Abb. 2 und markieren Sie einen Zyklusdurchlauf.

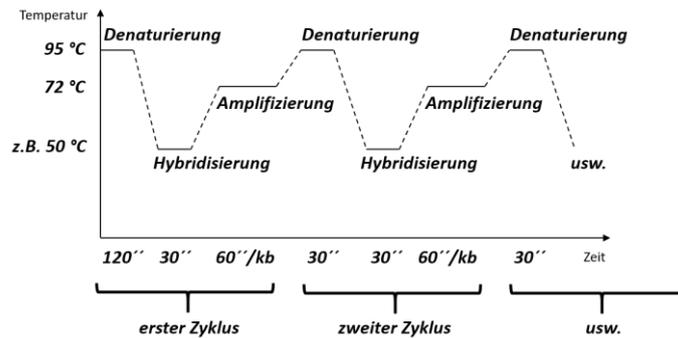


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf einzelner Phasen der PCR in Abhängigkeit von der Temperatur

7. Erläutern Sie, warum die spezifische Hybridisierung eines Primerpaars an die DNA-Matrize bei 50 °C und die eines anderen bei 60 °C erfolgt.

Abhängig davon, aus wie vielen Adenin- und Thymin-Basen bzw. Guanin- und Cytosin-Basen der Primer besteht, sind zur Bildung der A-T- bzw. G-C-Paare zwei bzw. drei Wasserstoffbrücken notwendig. Je mehr Guanin- und Cytosin-Basen ein Primer enthält, desto höher ist die Hybridisierungstemperatur.

#### Aufgaben zur GE:

8. Nennen Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die Agarose-Gelelektrophorese.

Z. B. Analytische Trennung von vervielfältigten DNA-Fragmenten einer PCR, DNA-Sequenzierung, präparative Trennung zu Klonierungszwecken, ...

9. Benennen Sie die biochemischen Bestandteile für eine Agarose-Gelelektrophorese, die neben den aufzutrennenden DNA-Fragmenten benötigt werden.

Gelmatrix aus Agarose bestimmter Konzentration in einem Elektrophoresepuffer, Elektrophoresepuffer, DNA-Längenstandard, Probenpuffer, fluoreszierender Nukleinsäurefarbstoff

10. Begründen Sie anhand ihres Aufbaus, warum Nukleinsäuren in einem Agarosegel immer vom Minuspol zum Pluspol wandern.

Das Zucker-Phosphat-Rückgrat der DNA-Doppelhelix ist durch die Phosphatgruppen negativ geladen, deshalb wandert die DNA stets zum Pluspol.

11. Beschriften Sie die Skizze einer Gelelektrophorese in Abb. 3 (1 % Agarose), mit Laufrichtung der DNA-Fragmente und Funktion der dargestellten DNA-Banden. Ordnen Sie den DNA-Banden die Größen zu (7000 bp, 3000 bp, 2000 bp, 1000 bp, 500 bp).

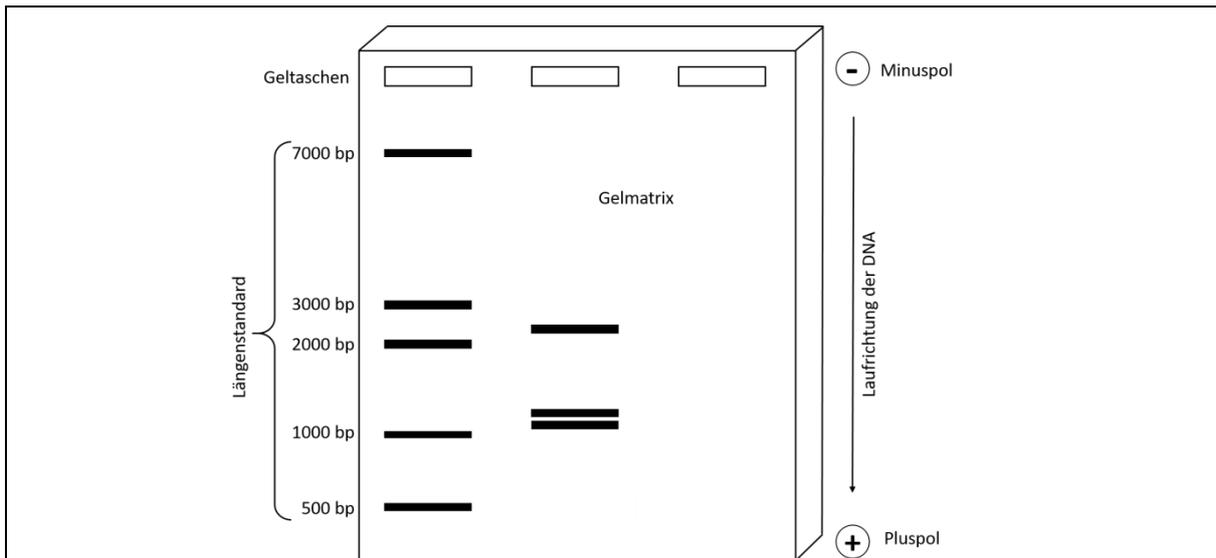


Abb. 3: Skizze einer Agarose-Gelelektrophorese zur Trennung von Nukleinsäuren

12. Erläutern Sie, wie sich eine hohe Agarosekonzentration (z. B. 2 %) auf die Porengröße einer Gelmatrix auswirkt und welche Folgen dies für die Trennschärfe großer, mittlerer und kleiner DNA-Fragmente ähnlicher Länge hat.

Bei einer Agarosekonzentration von 2 % ist die Porengröße relativ klein. Dies führt dazu, dass nur kleine DNA-Fragmente eine sehr gute Trennschärfe besitzen, da sich diese gut durch die kleinen Poren schlängeln können. Fragmente mittlerer Größe werden noch gut getrennt, brauchen aber eine niedrige Laufspannung, um Zeit zu haben, sich durch die Poren zu schlängeln. Große Fragmente laufen jedoch in einer Bande oder kommen überhaupt nicht vorwärts, da sie nur wenig oder gar nicht durch die kleinen Poren kommen. Sie brauchen eine sehr geringe Agarosekonzentration von weniger als 1 %.

13. Zeichnen Sie in Abb. 3 ein, wie sich drei DNA-Fragmente mit den Längen 1100, 1200 und 2500 bp am Ende einer Elektrophorese in der Gelmatrix verteilt haben.

Siehe Abb. 3 in Aufgabe 11

14. Auch einzelsträngige RNA-Moleküle (wie z. B. die tRNA bei der Proteinbiosynthese) können elektrophoretisch aufgetrennt werden. Allerdings laufen sie mehr als doppelt so schnell wie gleich lange DNA-Moleküle. Begründen Sie diese Beobachtung und suchen Sie eine Lösung dafür, dass die Trennung entsprechend der Molekülgröße verläuft.

RNA-Moleküle sind einzelsträngig und bilden daher oft Sekundärstrukturen zwischen komplementären Basen aus (tRNA), diese nun „kugelige“ Konformation wandert sehr schnell im Gel. Wird die RNA chemisch oder durch Hitze denaturiert, so wandert sie entsprechend ihrer Länge und ihres Molekulargewichts.

|                    |   |       |
|--------------------|---|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>Polymerasekettenreaktion (PCR) mit Agarose-Gelelektrophorese (GE)</b> | Datum |
|--------------------|---|-------|

**Lernzielkontrolle II/Transfer zum Thema „PCR mit GE“**

Im menschlichen Genom gibt es auf Chromosom 16 in einem Intron eine Region, die als PV92-Region bezeichnet wird. Sie kann in einer PCR mit spezifischen Primern als ca. 650 bp langes DNA-Fragment vervielfältigt werden. Bei einem bestimmten Prozentsatz der menschlichen Population liegt innerhalb der PV92-Region eine 300 bp lange Sequenz (vgl. Abb. 1), die als Alu-Sequenz bekannt ist, da in ihr eine Schnittstelle für die DNA-Endonuklease *Alu I* (aus *Arthrobacter luteus*) vorkommt. Im diploiden Chromosomensatz eines Menschen kann die Alu-Sequenz nun in den PV92-Regionen beider Chromosomen 16 vorliegen, in beiden nicht oder nur in einer der beiden PV92-Regionen. Bei einem Menschen kann dieses Merkmal also homozygot (+/+) oder heterozygot (+/-) vorliegen bzw. homozygot abwesend (-/-) sein.

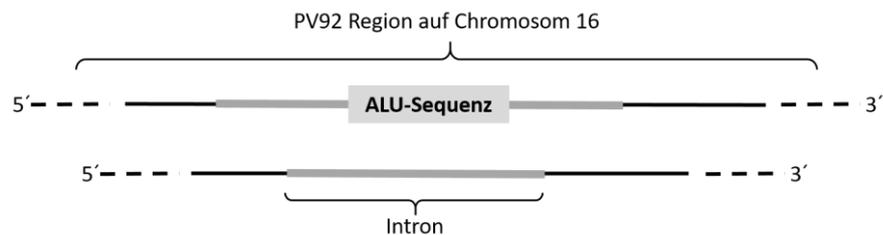


Abb. 1: Sequenzausschnitt aus der PV92 Region von Chromosom 16 mit Alu-Sequenz (oben) bzw. ohne Alu-Sequenz (unten)

**Arbeitsauftrag:**

Interpretieren Sie in Abb. 2 das Banden-Muster im Schema der GE einer PCR, bei der von vier Probanden (P1 bis P4) DNA-Fragmente aus der PV92-Region vervielfältigt wurden.

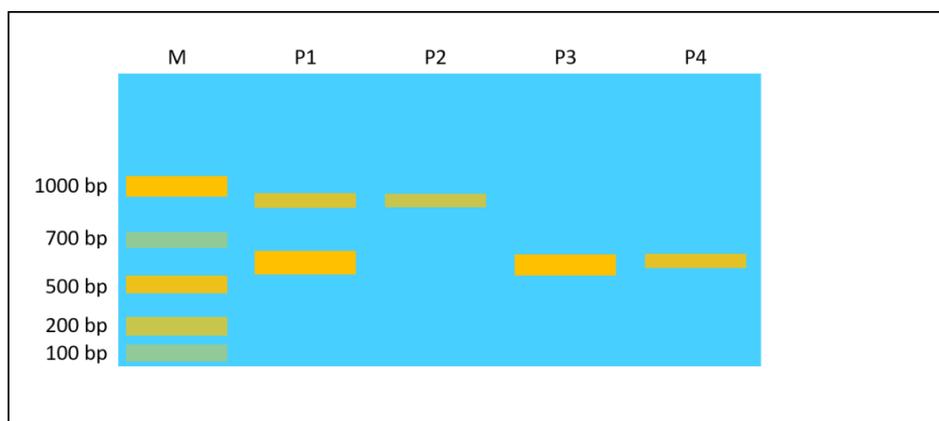


Abb. 2: Schema der GE einer PCR der PV92 Region von Chromosom 16 von vier Probanden P1 bis P4

**Lösungsvorschlag Lernzielkontrolle II/Transfer zum Thema „PCR mit GE“**

Die Banden besitzen eine Größe von ca. 650 bp bzw. 950 bp. P1 ist heterozygoter Träger (+/-), P2 ist homozygoter Träger der ALU-Sequenz (+/+), P3 und P4 sind homozygote Nichtträger (-/-).

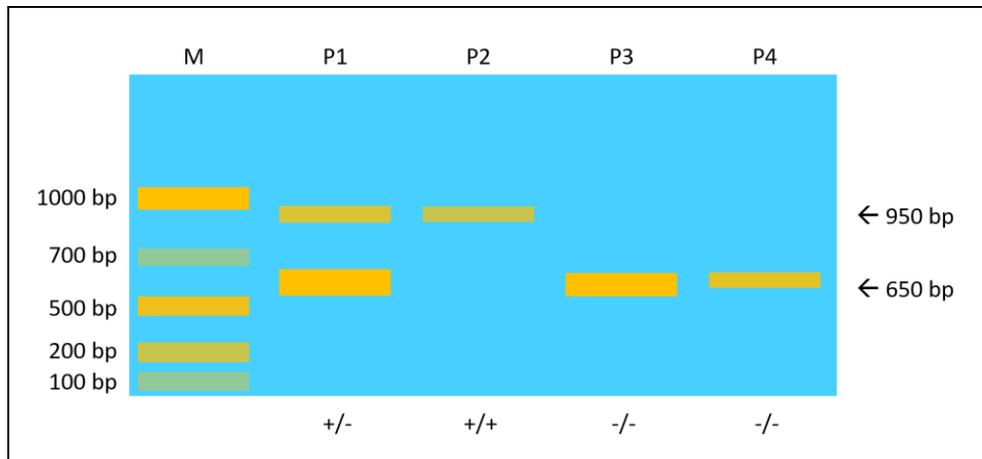


Abb. 2: Schema der GE einer PCR der PV92 Region von Chromosom 16 von vier Probanden P1 bis P4

**3.8.5 WEITERFÜHRENDE LITERATUR**

Campbell N. A. und Reece J. B.: Biologie (2019); 11. aktualisierte Aufl.; Pearson Studium Verlag, München

Schülerlabor Hochschule Mittweida. Verfügbar unter: <https://www.hs-mittweida.de/webs/schuelerlabor/versuche/biotechnologie/pv92.html> [30.03.2020].

Horst Ibelgaufs: Gentechnologie von A bis Z; Studienausgabe (1. Korrigierter Nachdruck 1993); Wiley-VCH, Weinheim

**3.8.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS**

Materialiensammlung des Lehrerfortbildungsservers Baden-Württemberg. Verfügbar unter: [https://lehrerfortbildung-bw.de/st\\_if/bs/if/unterrichtsgestaltung/methodenblaetter/lerntempoduett.html](https://lehrerfortbildung-bw.de/st_if/bs/if/unterrichtsgestaltung/methodenblaetter/lerntempoduett.html) [30.03.2020].



Laborpraktikum zur Anwendungsmöglichkeit für PCR mit GE in einem DNA-Fingerprint, z. B.: „PV92 PCR Informatics Kit“ der Firma Bio-Rad; Katalog #166-2100 EDU; Verfügbar unter: <https://www.bio-rad.com/de-de/sku/1662100edu-pv92-pcr-informatics-kit?ID=1662100EDU> [21.10.2020].



Biologie Podcast. Verfügbar unter: <https://www.biofunk.net/2020/03/05/fuer-die-schule-mutation-leicht-gemacht-das-crispr-cas-system/> [30.04.2020]



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

„Individuelles Fördern heißt, jeder Schülerin und jedem Schüler die Chance zu geben, ihr bzw. sein motorisches, intellektuelles, emotionales und soziales Potenzial umfassend zu entwickeln und sie durch geeignete Maßnahmen darin zu unterstützen (durch die Gewährung ausreichender Lernzeit, spezifische Fördermethoden, angepasste Lernmittel und gegebenenfalls durch Hilfestellungen weiterer Personen mit Spezialkompetenz)“.<sup>2</sup>

Demnach sollten also Lernsituationen ermöglicht werden, in denen die Stärken der Schülerin und des Schülers gefördert und andererseits ihre Schwächen verringert werden. Dies bedeutet zudem eine Förderung aller Niveaustufen und damit nicht nur eine Defizitorientierung. Für ein Gelingen dieser Ansätze sind die Förderhaltung der Lehrkräfte sowie die Beziehungsgestaltung zu den Schülerinnen und Schülern von enormer Bedeutung. Die Lehrkraft muss Verantwortung abgeben, den Schülerinnen und Schülern ein Mitgestalten des Unterrichts und des schulischen Zusammenlebens ermöglichen und gleichzeitig die Selbstkompetenzen des Einzelnen fördern. Die Dimensionen des individualisierten Lernens orientieren sich an der Schulstruktur sowie an den Strukturen des Unterrichts. Hierzu sind stets die Rahmenbedingungen (z. B. Räume), die Kooperationen (z. B. mit Kollegen) oder Förderinstrumente (z. B. Fördergespräche) einzubeziehen. Des Weiteren gehört dazu auch eine individuelle Beratung der Schülerinnen und Schüler, um die Entwicklung abzubilden, realistische Ziele zu setzen und zu dokumentieren. Dies kann durch konkrete Unterrichtsstrukturen unterstützt und umgesetzt werden. Hierbei bildet die Lernstandsdiagnose einen Schwerpunkt, welche z. B. mittels Kompetenzrastern oder standardisierten Tests zur Ermittlung der Stärken und Schwächen dient. Auch Beobachtungsbögen oder Förder- und Entwicklungsgespräche unterstützen das Rückmeldeverfahren. All diese Instrumente bieten der Lehrkraft eine hohe Transparenz der eigenen Beurteilungskriterien, welche Lernprozesse nachhaltig fördern können und die Selbstreflexion der Schülerinnen und Schüler weiterentwickeln.

Die Konzentration auf den kompetenzorientierten Unterricht (Fach-, Methoden-, Sozial-, Personalkompetenz) ermöglicht der Lehrkraft das Kompetenzprofil des einzelnen Schülers zu betrachten und auch hierbei Stärken und Schwächen zu analysieren. Außerdem soll die Individualisierung im Fokus stehen. Dies bedeutet aber nicht, dass jeder Schüler individualisiert unterrichtet werden muss, sondern vielmehr der Leistungsstand sowie die Leistungsfähigkeit betrachtet werden sollen (z. B. Selbst- und Fremdeinschätzung, Portfolio, differente Zeitvorgaben oder eine unterschiedliche Anzahl an Aufgaben). Zuvor muss jedoch eine Lernstandsdiagnose erfolgt sein (z. B. Hausaufgaben/Tests/Klassenarbeiten). Geeignete Unterrichtsmethoden können hierbei kooperative Lernformen (z. B. Gruppenpuzzle), selbstorganisiertes Lernen (z. B. Lernzirkel mit auditiven, visuellen oder haptischen Lernzugängen) oder Projekte (vgl. 4.2) sein.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg Referat Lehrerbildung und Lehrerfortbildung: Praxisbeispiele zur individuellen Förderung an beruflichen Schulen. 1. Auflage. Stuttgart 2011, S. 7.

<sup>3</sup> Vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg Referat Lehrerbildung und Lehrerfortbildung: Praxisbeispiele zur individuellen Förderung an beruflichen Schulen. 1. Auflage. Stuttgart 2011, S. 6ff.

#### 4.1 Beispiele für binnendifferenzierten Unterricht entsprechend den Anforderungsbereichen

Die Binnendifferenzierung ist eine Säule des individualisierten Unterrichts und hat das Ziel, unterschiedliche Möglichkeiten des Lernens zu schaffen. Zu unterscheiden ist die personale von der didaktischen Differenzierung, d. h. die Unterscheidung zwischen heterogenen oder homogenen Lerngruppen, Kompetenzstufen, Förderbedarf und der Ziel- und Themendifferenzierung sowie der Methoden- und Medienkompetenz. Insgesamt kann hierbei nach Sozialform (z. B. Partnerarbeit, Einzelarbeit), Anspruchsniveau (niedrig – mittel – hoch) und Umfang der Aufgaben sowie Zugänge zum Lernstoff differenziert werden.

Im Folgenden werden zu den bereits vorgestellten Unterrichtsbeispielen Möglichkeiten der Binnendifferenzierung aufgezeigt.

##### BPE 2.4.:

Eine mögliche Binnendifferenzierung in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad sowie dem Arbeitstempo kann beim Durchführen des Experimentes zur Osmose erfolgen. Um das Stundenziel zu erreichen – den Vorgang der Osmose erklären – ist es nötig, dass alle Lernenden das Experiment durchführen und ihre Beobachtungen auf dem Arbeitsblatt notieren. Darüber hinaus versuchen alle Lernenden die Beobachtungsergebnisse zu erklären. Eine Differenzierung kann nun beispielsweise dahin gehend erfolgen, dass Lernende, die bereits die Aufgaben beendet haben, mit der Durchführung des Experiments versuchen die Zusammensetzung des Kunstbluts erläutern. Hier wird der Bezug zum Profil verdeutlicht und die Komplexität für den Lernenden wird erhöht.

Eine mögliche Binnendifferenzierung in Bezug auf die Methodik kann beim Erstellen eines Lernvideos zur Modellvorstellung der Biomembran erfolgen. Werden die Modelle zur Biomembran erarbeitet, kann als Ergänzung ein Erklärvideo (vgl. Digitale Medien 2.4.) von den Lernenden erstellt werden. Die Lernenden nehmen hier eine andere Rolle ein und können darüber hinaus Kompetenzen einbringen, die sonst im Unterricht weniger gefragt sind (z. B. Filme schneiden, Tonaufnahmen). Die Erstellung des Erklärvideos kann offen gestaltet werden, sodass die Lernenden eine individuelle Methode zur Erstellung eines solchen Erklärvideos einbringen können.

##### BPE 2.7:

Eine mögliche Binnendifferenzierung in Bezug auf den Komplexionsgrad kann bei den Rückmeldungen zu den notierten Hypothesen erfolgen. Die Hypothesen werden zu Beginn der Stunde von allen Lernenden per App notiert. Lernende, die bereits mit den Aufgaben fertig sind, können begründet Rückmeldung zu den notierten Hypothesen anfertigen. Auch dies kann wieder über die App erfolgen, sodass am Ende alle Lernenden alle Rückmeldungen einsehen können. Das begründete Rückmelden zu einer aufgestellten Hypothese entspricht einem hohen Anforderungsbereich.

##### BPE 6.1.:

Eine mögliche Binnendifferenzierung in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad kann bei den einzelnen Stadien der Sozialisation erfolgen. Eine Differenzierung kann beispielsweise dahin gehend erreicht werden, dass Lernende sich durch Internetrecherche die Informationen zu den Sozialisationsphasen selbst beschaffen und diese zusammenfassen.

Eine mögliche Binnendifferenzierung in Bezug auf die Methodik ergibt sich ggf. in der Erarbeitungsphase durch ein Gruppenpuzzle oder in der Formulierung von Zusatzaufgaben, z. B. in Form von Erarbeitung eines Standbildes für die einzelnen Stadien der Sozialisation.

BPE 6.3:

In der ersten Unterrichtseinheit kann eine Binnendifferenzierung im Schwierigkeitsgrad im Umfang der Arbeitsaufträge auf dem Arbeitsauftrag erfolgen. Möglich ist auch eine Differenzierung nach dem Grad der Selbstständigkeit, in dem in der gewählten Sozialform variiert wird. In der zweiten Unterrichtseinheit ist eine Differenzierung nach Lerntempo möglich, in dem der Anteil der kooperativen Lernformen gemeinsam im Plenum gestaltet wird. Soll eine Differenzierung nach dem Lernzugang erfolgen, so steht im zweiten Teil des Unterrichts das Arbeitsblatt zum Rubikonmodell mit Informationstext zur Verfügung.

BPE 16.5:

Eine mögliche Binnendifferenzierung innerhalb der Unterrichtseinheit „PCR mit GE“ mit der kooperativen Methode „Lerntempoduett“ kann mit dem gewählten Arbeitsmaterial erfolgen, indem z. B. in Phase I Leitfragen zur Erleichterung der Visualisierung zur Verfügung gestellt werden. Weiter könnten bereits in Phase I die eigentlich erst in Phase IV im Zusammenhang mit der Bearbeitung des Aufgaben-ABs zur Verfügung gestellten Abbildungen des Prinzips der PCR (Abb. 1) bzw. des Aufbaus und Ablaufs der GE (Abb. 3) als Erarbeitungshilfe in Phase I und Hilfsmaterial in Phase II Verwendung finden, falls eine selbstständige Visualisierung der Themeninhalte schwerfällt. Phase IV selbst ermöglicht durch die Auswahl der Aufgaben auf dem AB über die Anforderungsbereiche I bis III ebenfalls eine Binnendifferenzierung. Bei sehr selbstständigen und schnellen SuS kann auch eine Erarbeitung weiterer Anwendungsbeispiele der PCR mit GE z. B. mithilfe eines Gentechnik-Lernprogramms (vgl. 2.1) oder der Verknüpfung mit anderen BPEs (vgl. BPE 10, Diagnostik von Infektionskrankheiten) erfolgen.

## 4.2 Beispiel für einen Projektunterricht in Verbindung mit einer Exkursion

### **Projektunterricht im Rahmen eines Biografie-Projekts**

Ein Projekt ist ein Vorhaben mit einem genau definierten Ziel – Begrenzungsfaktoren wie Zeit, Finanzen und Personal wirken sich auf dessen Gestaltung aus.

Projektarbeit spiegelt den heutigen Zeitgeist des Unterrichtens wider, bei dem der Fokus auf Selbstgestaltung und Selbstorganisation, reflektierendem Handeln und entdeckendem Lernen sowie individuellem und sozialem Lernen unter oben genannten Bedingungen liegt – sie bietet somit die Möglichkeit zum Erwerb von Schlüsselkompetenzen. Damit soll die in den letzten Jahren aufgekommene Kritik aus Wirtschaft und von Universitäten/Hochschulen berücksichtigt und der mangelnden Studierfähigkeit gegengesteuert werden.

In der konkreten Projektarbeit übernehmen die Schülerinnen und Schüler beispielsweise Verantwortung für ihre (Teil-) Aufgaben im Projekt, bemühen sich um Konfliktlösungen und führen Selbst- und Gruppenreflexion der Teamarbeit durch. Entsprechend erfahren Sie einen Kompetenzzuwachs im Bereich der Sozialkompetenz.

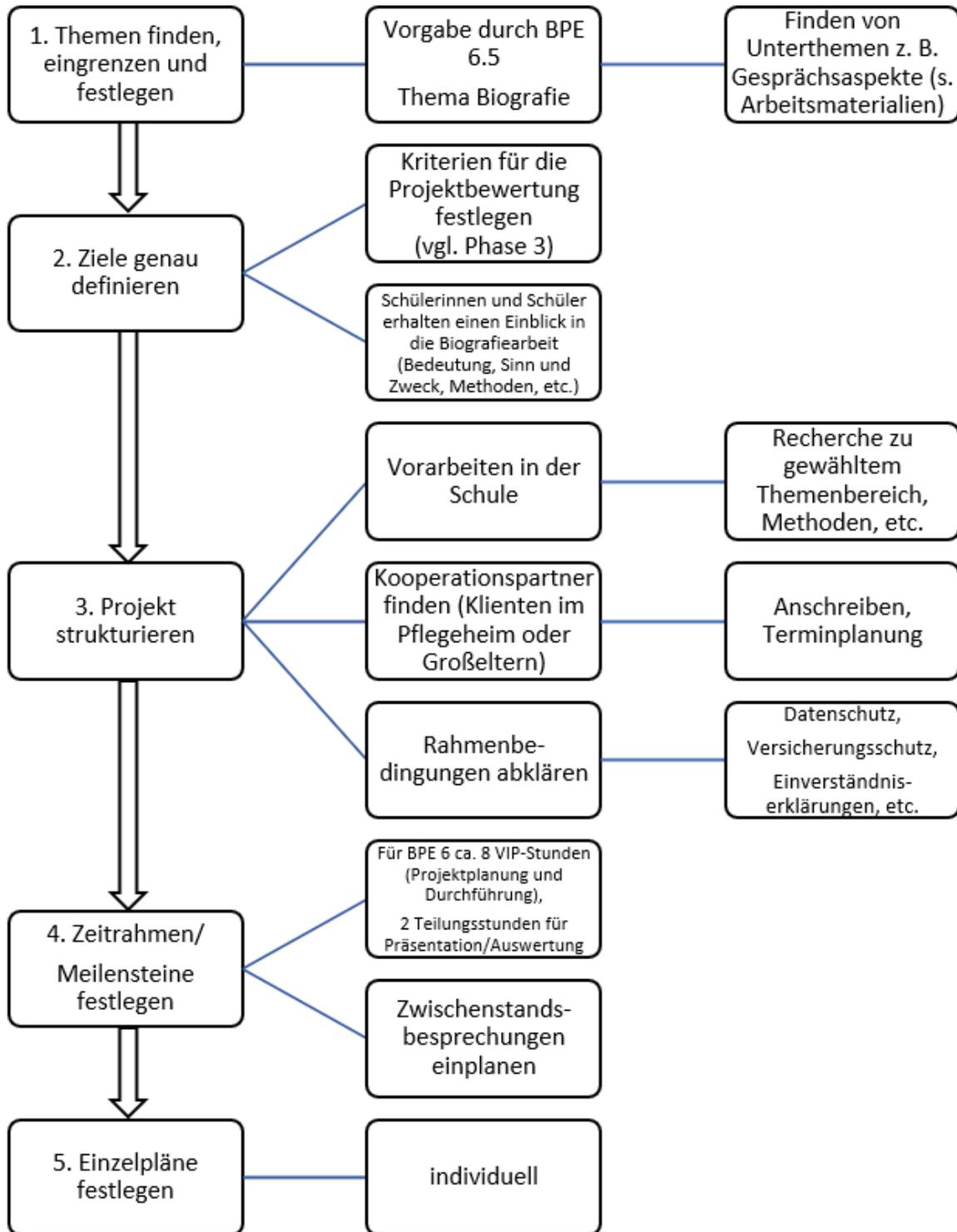
Die Methodenkompetenz wird durch Textverarbeitung, Recherche- (z. B. Internetrecherche) und Dokumentationsarbeiten (z. B. Zitiertechnik) gefördert. Vor allem bei der Präsentation der Arbeitsergebnisse wird der Umgang mit Medien (z. B. Visualisierung, Foliengestaltung, Metaplantchnik) geschult.

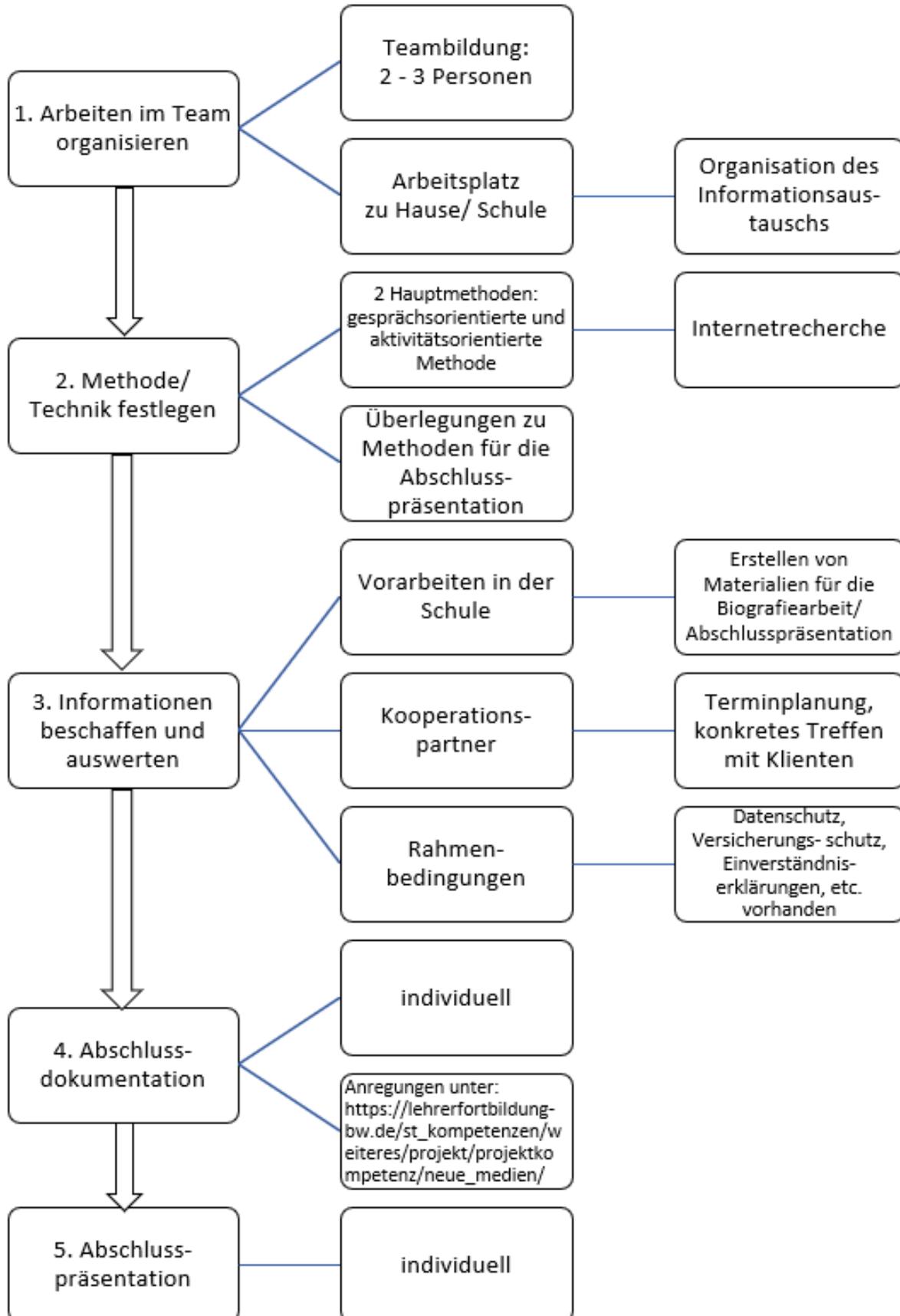
Erworbene grundlegende Kenntnisse über das zu bearbeitende Thema „Biografie/Biografiearbeit“ (Fachkompetenz) setzen die Schülerinnen und Schüler – angepasst an die Rahmenbedingungen – in der Praxis um.

In der BPE 6 sollen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Altersbegriffe vergleichen und den Prozess des Alterns im geschichtlichen und soziokulturellen Kontext analysieren. In diesem Zusammenhang erörtern sie außerdem die Wahrnehmung Älterer. Diese Lernziele können im Rahmen des Projektes erneut aufgegriffen werden. Darüber hinaus beschreiben sie Entwicklung als einen lebenslangen Prozess und beschreiben Besonderheiten im Alter.

Die Personalkompetenz kann u. a. durch geeignete Präsentationstechniken der Arbeitsergebnisse gestärkt werden.

Ein Projekt ist immer in mehrere Phasen untergliedert, in der Schule hat sich das 3-Phasen-Projekt bewährt, weshalb auf den folgenden Seiten eine mögliche Gestaltung des Biografie-Projekts in den Phasen Planung, Durchführung und Bewertung vorgestellt wird.

**1. Planung (ca. 3 Unterrichtsstunden, vgl. Übersichtsplanung 3.5 (Biografie))**


**2. Durchführung: (ca. 8 Unterrichtsstunden (VIP-Stunden))**


### **3. Bewertung: (ca. 2 Unterrichtsstunden (2 Teilungsstunden))**

Unter einer Projektauswertung versteht man hier die finale Analyse und Sicherung der Erfahrungen, die während der Projektarbeit gesammelt wurden. Sie kann entweder das Gesamtprojekt oder nur Teilbereiche (z. B. Präsentation, Arbeitsprozesse etc.) in den Fokus nehmen.

Im Folgenden sollen Aspekte für die Ausgestaltung beispielsweise eines Fragebogens genannt werden, der den Schwerpunkt auf der Bewertung „Zusammenarbeit im Projektteam“ haben soll.

- Konflikte im Team
- angemessene Teamgröße
- Informationsaustausch im Team
- Zusammenarbeit Team und Projektleitung
- Verfügbarkeit der Projektleitung z. B. bei Problemen
- ...

Konkrete Möglichkeiten zur Gestaltung von Bewertungsbögen und konkrete Vorlagen sind auf den Seiten des Lehrerfortbildungsservers zu finden (siehe weiterführende Quellen).

|            |                           |       |
|------------|---------------------------|-------|
| BPE<br>6.5 | Thema<br><b>Biografie</b> | Datum |
|------------|---------------------------|-------|

**Hinweise zu den Arbeitsmaterialien:**

Ablauf des Interviews:

Damit Biografiearbeit normalerweise gelingen kann, müssen der Klient und die Pflegekraft eine Vertrauensbasis aufbauen. Dies erfordert Zeit, Feingefühl, Sorgfalt und selbstverständlich Diskretion. Zeit, Feingefühl, Sorgfalt und Diskretion müssen auch im Schulprojekt bei einer einmaligen Begegnung mit den Klienten von den Schülerinnen und Schülern erbracht werden, dennoch wird die Vertrauensbasis zwischen Klientin/Klient und Schülerin/Schüler eine andere Ebene haben, als zwischen Pflegekraft und Klientin/Klient. Entsprechend muss man bei dieser Projektarbeit davon ausgehen, dass die Schülerinnen und Schüler nur Auszüge zur Biografiearbeit kennenlernen und die Rahmenbedingungen für das Zusammentreffen angepasst werden müssen.

Im exemplarisch vorgestellten Unterrichtsmaterial nehmen beide Parteien des Interviews zu den einzelnen Gesprächspunkten Stellung. Dies entspricht nicht der üblichen Vorgehensweise von Biografiearbeit, könnte aber die Gesprächsatmosphäre auflockern und ggf. vorhandene Hemmschwellen auf beiden Seiten abbauen.

Leitgedanken zum Einstieg in das biografische Interview:

- Dank für die Bereitschaft für ein biografisches Interview zur Verfügung zu stehen
- Hinweis zur Verwendung der gegebenen Antworten; Angaben werden absolut vertraulich behandelt
- Gesprächsinhalte: Lebenserfahrungen bzw. Alltag des Klienten
- Fragen dürfen unbeantwortet bleiben

|            |                           |       |
|------------|---------------------------|-------|
| BPE<br>6.5 | Thema<br><b>Biografie</b> | Datum |
|------------|---------------------------|-------|

**Arbeitsmaterialien**

Beispiele für „Gesprächspunkte“: (ausschneiden und auslegen)



|                    |                            |       |
|--------------------|----------------------------|-------|
| <b>BPE<br/>6.5</b> | <b>Thema<br/>Biografie</b> | Datum |
|--------------------|----------------------------|-------|

Beispiel für einen Dokumentationsbogen

| <b>Gesprächs-<br/>punkte</b> | Vor ca. _____ Jah-<br>ren (z. B. Kindheit der Klien-<br>tin/des Klienten als Bezugsgröße) | Heute | Zukunft |
|------------------------------|---|-------|---------|
| Fortbewe-<br>gung/Transport  |   |       |         |
| Kommunikation                |   |       |         |
| Badezimmer                   |   |       |         |
| Essen/Kochen                 |   |       |         |
| Gerüche                      |   |       |         |
| Einkaufen                    |   |       |         |
| Religion                     |   |       |         |
| Hobby                        |   |       |         |
| Schule                       |   |       |         |
| Eigene Kategorie:            |   |       |         |

|                    |                            |       |
|--------------------|----------------------------|-------|
| <b>BPE<br/>6.5</b> | <b>Thema<br/>Biografie</b> | Datum |
|--------------------|----------------------------|-------|

Beispiel für mögliche Gesprächsergebnisse

| <b>Gesprächspunkte</b> | vor ca. _____ Jahren   | Heute  | Zukunft  |
|------------------------|--|--|--|
| Fortbewegung/Transport | überwiegend zu Fuß, ...  | fast jeder Haushalt hat ein Auto; moderne, schnelle Verkehrssysteme; ...                             | Nahverkehr ist überall kostenlos; flächendeckend Elektroautos; ...   |
| Kommunikation          | Briefe als hauptsächliches Mittel der Verständigung; Festnetzanschluss ist kein Standard...          | Telefonanschluss ist Standard; elektronische Medien (PC, Handy), ...                                 | „Emotional Mail“; „Smarte Brille“; die E-Mail nicht mehr schreiben, sondern „denken“ ...   |
| Badezimmer             | Toilette außerhalb der Wohnung; fester Badetag, ...  | immer warmes Wasser; tägliches Duschen üblich; meist mehrere Toiletten in einem Einfamilienhaus, ... | Bad mit Smart-Home-Design; Healthness-Bad: z. B. WC kontrolliert Urinwerte; Nachhaltigkeit/Ressourceneffizienz   |
| Essen/Kochen           | Hausmannskost; saisonal; Holz- und Kohleherde; Familienessen; ...                                    | variantenreich; ausländische Einflüsse; Fertigprodukte; Gas- /Elektro-herde; Mikrowelle; ...         | Trends: Flexitarier; Sensual Food; Curated Food; ...   |
| Gerüche                | Ausdünstungen von Tieren/Menschen, Waschküche, Bohnerwachs, ...                                      | Hygiene; Sterilität; kosmetische Düfte; Autoabgase; ...  | Duftkino/Duft-TV; Duftkonzepte für Geschäfte, Seniorenheime...   |
| Einkaufen              | geringere Auswahl; Anschaffungen fürs Leben, ...   | Konsumvielfalt; schnelles Veralten und Neuanschaffen von Besitztümern; Wegwerfgesellschaft; ...      | Lebensmitteleinkauf digital; Erlebnis-Shopping; Virtual Reality und Augmented Reality; ...   |
| Religion               | verbreitet; Sonntagskleidung für den Kirchengang; Geschlechter sitzen getrennt beim Kirchengang, ... | hohe Austrittsraten; Familien erleben gemeinsam den Gottesdienst; spezielle Kindergottesdienste; ... | Einflüsse durch Migration; Religionsökonomie; private Glaubenswelt – z. B. Verknüpfung alter christliche Vorstellungen mit Symbolen und kultischen Praktiken anderer Religionen; ... |

**4.2.1 WEITERFÜHRENDE LITERATUR:**

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg Referat Lehrerbildung und Lehrerfortbildung: Praxisbeispiele zur individuellen Förderung an beruflichen Schulen. 1. Auflage. Stuttgart 2011.

Materialsammlung des Lehrerfortbildungsserver Baden-Württemberg: [https://lehrerfortbildung-bw.de/st\\_kompetenzen/weiteres/projekt/projektkompetenz/index.htm](https://lehrerfortbildung-bw.de/st_kompetenzen/weiteres/projekt/projektkompetenz/index.htm) [18.04.2020].

Wanka, Kurt: Biografiearbeit als pflegerische Aufgabe. Verfügbar unter: [https://flexikon.doc-check.com/de/FlexiEssay:Biografiearbeit\\_als\\_pflegerische\\_Aufgabe](https://flexikon.doc-check.com/de/FlexiEssay:Biografiearbeit_als_pflegerische_Aufgabe) [18.04.2020].

Böhm, Katharina (2003): Aspekte der Biografiearbeit in der Altenpflege. Verfügbar unter: [http://www.agyb.de/downloads/aspekte\\_biografie.pdf](http://www.agyb.de/downloads/aspekte_biografie.pdf) [18.04.2020].

## 5 Anhang

Grundsätzlich finden sich zahlreiche Hilfestellungen und Unterstützungsmöglichkeiten für die Inhalts- und kompetenzorientierte Unterrichtsgestaltung im neuen Profulfach Gesundheit und Biologie. Im folgenden Abschnitt wird eine nicht abschließende Auswahl derer vorgestellt.

Mitunter können die bestehenden Handreichungen des Landesinstituts für Schulentwicklung des vorherigen Profulfachs Gesundheit und Pflege weiter dem unterrichtlichen Einsatz dienen und als Ergänzung gesehen werden. Natürlich sind die inhaltlichen Änderungen des neuen Bildungsplanes dabei zu berücksichtigen.

Des Weiteren finden sich für die Unterrichtsgestaltung hilfreiche und dem inhalts- und kompetenzorientierten Verständnis des neuen Bildungsplanes entsprechend, zusätzlichen Materialien auf diversen Internetauftritten:

Beispielsweise finden sich konkrete Hilfestellungen im Umgang mit digitalen Medien sowie diverse Unterrichtsmaterialien im Internetauftritt des Landesmedienzentrums Baden-Württemberg.

Ebenso finden sich auf den Seiten der Lehrerfortbildung Baden-Württemberg zahlreiche Hinweise und Materialien zur Unterrichtsgestaltung sowie Links und Verweise zu weiterführenden Informationen.

Auch der Landesbildungsserver Baden-Württemberg stellt diverse Unterrichtsmaterialien und interaktive Übungen für den unterrichtlichen Einsatz zur Verfügung. Der Landesbildungsserver arbeitet mit der Plattform Planet Schule zusammen, die neben didaktisch aufbereiteten diversen Filmen und Arbeitsblättern auch zahlreiche interaktive Simulationen zur Verfügung stellt.

### 5.1 Zusatzmaterial zur BPE 16.5: Unterrichtseinheit „DNA-Fingerprinting“

Das beigefügte Arbeitsmaterial bietet die Möglichkeit, im Anschluss an die Unterrichtseinheit „PCR mit GE“ die molekulare Theorie des DNA-Fingerprinting mithilfe eines Infotextes oder aus einem Fachbuch zu erarbeiten und anschließend anhand zweier Übungen aus der Diagnostik (Sichelzellanämie und Vaterschaftsnachweis) zu konsolidieren. Sollte ein Labor direkt oder über eine Exkursion verfügbar sein, kann auch ein DNA-Fingerprint Praktikum zur Diagnostik eines SINE-Polymorphismus mit eigener DNA der Schülerinnen und Schüler angeboten werden (vgl. weiterführende Hinweise 3.10.5).

|                    |                                    |       |
|--------------------|------------------------------------|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>DNA-Fingerprinting</b> | Datum |
|--------------------|------------------------------------|-------|

**Informationstext „DNA-Fingerprinting“ (genetischer Fingerabdruck, DNA-Profilung)**

Mit einem genetischen Fingerabdruck (klassisch, 1985 von Alex Jeffreys entwickelt) können bestimmte Muster im Erbgut verschiedener Individuen verglichen und bewertet werden. Diese DNA-Muster Vergleiche finden in der Forensik, bei der Betrachtung von Verwandtschaftsverhältnissen (z. B. Vaterschaftsgutachten) oder in der Diagnostik einer Erbkrankheit Anwendung. Seit dem Durchbruch der PCR als molekularbiologische Standardmethode reichen für die Erzeugung eines genetischen Fingerabdrucks (modern, DNA-Profilung) minimale Mengen an DNA aus. Diese stammt z. B. aus Gewebe- oder Blutspuren, Speichel, Haaren oder auch aus embryonalen oder fötalen Zellen der PND/PID.

Unser Genom besteht aus 3 Mrd. Basenpaaren, davon sind ca. 99,9 % bei allen Menschen gleich. Die restlichen 0,1 % = 3 Mio. Basenpaare sind sehr variabel, da sie nicht exprimiert werden und deshalb keinem selektiven Druck unterliegen. In diesen Bereichen sind längere Minisatelliten wie VNTRs (= Variable Number of Tandem Repeats) und kürzere Mikrosatelliten wie STRs (= Short Tandem Repeats, aus zwei bis fünf Basenpaar-Tandems) zu finden. Sie sind im Genom weitläufig verstreut und können in jedem Menschen in unterschiedlicher Anzahl vorliegen und so ein Muster bilden. Mit Hilfe einer PCR kann also ein Muster (Längenpolymorphismus) erzeugt und dieses zwischen verschiedenen Individuen verglichen werden. Damit die PCR-Primer binden können, reicht die Kenntnis der Basensequenz an den Enden der Satelliten aus. Der Längenpolymorphismus der Mini- oder Mikrosatelliten wird dann durch eine GE aufgetrennt und sichtbar gemacht.

Neben der Nutzung des Längenpolymorphismus von Mini- oder Mikrosatelliten ist es auch möglich, in Kombination mit einer PCR sogenannte Restriktionsfragment Längenpolymorphismen (RFLPs) durch ein variables Restriktionsmuster von DNA-Endonukleasen (= Restriktionsenzyme) für die Diagnostik zu verwenden. DNA-Endonukleasen stammen aus Bakterien und dienen dort der Abwehr von Bakteriophagen, indem das Genom der infizierenden Phagen zerschnitten wird. Die Enzyme erkennen spezifische kurze palindrome Sequenzen auf der DNA und schneiden diese. Palindrome Sequenzen sind auf den komplementären Einzelsträngen von beiden Seiten gleich lesbar, z. B. das Enzym *Eco* RI aus *Escherichia coli* mit der Erkennungssequenz ‚GAATTC‘. Voraussetzung für den Einsatz dieser Methode z. B. in der PND ist eine mit der Erbkrankheit korrelierende Basenmutation, die eine Restriktionsschnittstelle erzeugt oder entfernt. Die durch die PCR vervielfältigte DNA-Sequenz wird also anschließend mit dem Restriktionsenzym behandelt, um einen RFLP zu erhalten. Dieser wird dann durch eine GE aufgetrennt und visualisiert.

|                    |                                    |       |
|--------------------|------------------------------------|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>DNA-Fingerprinting</b> | Datum |
|--------------------|------------------------------------|-------|

## Übungen „DNA-Fingerprinting“

### 1. RFLP-Analyse bei Sichelzellanämie (HbS)

#### RFLP-Analyse bei Sichelzellanämie (HbS)

Die Erbkrankheit Sichelzellanämie besitzt einen Mst II-RFLP im Gen für die  $\beta$ -Globinkette des Hämoglobins, das auf Chromosom 11 (11p15.5) lokalisiert ist. Durch die für die Krankheit (HbS) verantwortliche Punktmutation ( $A \rightarrow T$ ) verschwindet eine Erkennungsstelle des Mst II-Restriktionsenzym. D. h. das mutierte  $\beta^S$ -Allel besitzt am Genlocus nur zwei, während das gesunde  $\beta^A$ -Allel drei Mst II-Erkennungsstellen besitzt.

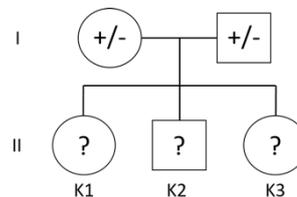


Abb. 1: Stammbaum einer von der Sichelzellanämie betroffenen Familie

In Abbildung 1 ist der unvollständige Stammbaum einer betroffenen Familie mit drei Kindern dargestellt, die Eltern sind beide phänotypisch gesund, aber Überträger der Krankheit. Für die Kinder soll anhand einer RFLP-Analyse herausgefunden werden, ob sie homozygot gesund oder krank (almit zwei gleichen Allelen) oder heterozygote Überträger mit zwei verschiedenen Allelen sind.

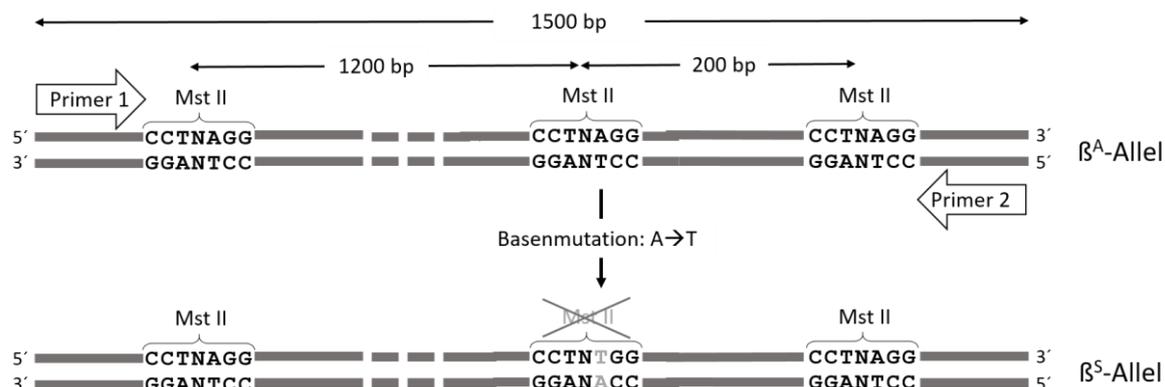


Abb. 2: Schema des Genlokus der  $\beta$ -Globinkette mit Bindungsstellen der PCR-Primer und Mst II-Erkennungssequenzen

Abbildung 2 zeigt am gesunden  $\beta^A$ -Allel (oben) sowie am mutierten  $\beta^S$ -Allel (unten) die Bindungsstellen der beiden Primer und die Erkennungssequenzen des Mst II-Restriktionsenzym mit den Größenverhältnissen der jeweiligen DNA-Bereiche am Genlocus der  $\beta$ -Globinkette.

**Arbeitsauftrag:**

1. Ermitteln Sie, welche Größe die DNA-Fragmente einer PCR mit den Primern 1 und 2 am Genlocus der  $\beta$ -Globinkette nach Behandlung mit dem Mst II-Restriktionsenzym im  $\beta$ A-Allel bzw. im  $\beta$ S-Allel besitzen.
2. Begründen Sie anhand von Abbildung 3, welche Diagnosen für die Kinder K1, K2 und K3 gestellt werden und ergänzen Sie in Abb. 3 den jeweiligen Genotyp (+/-) = heterozygoter Überträger, (+/+) = homozygot gesund bzw. (-/-) = homozygot krank sowie die Größen der entstandenen Restriktionsfragmente.

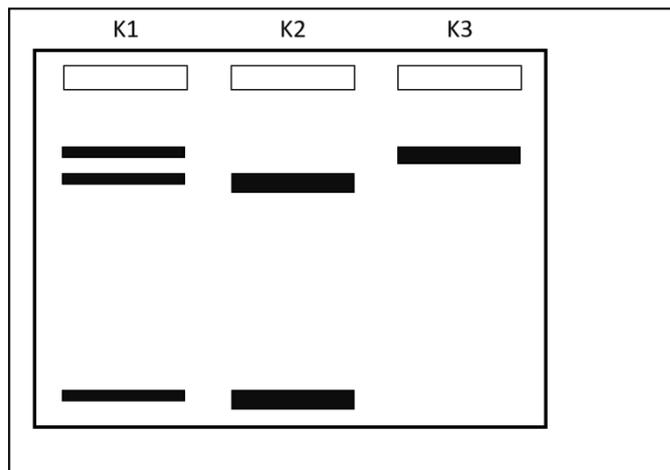


Abb. 3: GE-Bild einer PCR mit anschließender Mst II-Restriktion der Kinder K1, K2 und K3

|                    |                                    |       |
|--------------------|------------------------------------|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>DNA-Fingerprinting</b> | Datum |
|--------------------|------------------------------------|-------|

**Übungen „DNA-Fingerprinting“**
**1. STR-Analyse bei einem Vaterschaftsnachweis**

Für einen Vaterschaftsnachweis wurde ein durch STRs erzeugter Längenpolymorphismus mithilfe einer PCR vervielfältigt und gelelektrophoretisch aufgetrennt. Anhand des Gelbildes wurden die Anzahl der STR-Triplett-Wiederholungen in Tabelle 1 festgehalten. Leider ist das Gelbild vernichtet worden.

| Chromosom | Mutter (M) | Kind (K)   | Vater 1 (V1) | Vater 2 (V2) |
|-----------|------------|------------|--------------|--------------|
| Allel 1   | 5 Triplets | 4 Triplets | 8 Triplets   | 7 Triplets   |
| Allel 2   | 4 Triplets | 6 Triplets | 7 Triplets   | 6 Triplets   |

Tabelle 1: Verteilung der Triplett-Wiederholungen auf die Allele 1 und 2 der untersuchten Personen.

**Arbeitsauftrag:**

- Veranschaulichen Sie den Inhalt von Tabelle 1 in der Vorlage eines GE-Bildes von Abb. 1.

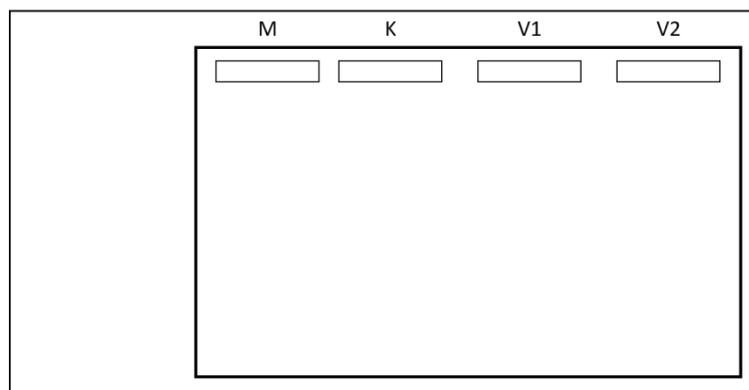


Abb. 4: Vorlage eines GE-Bildes für den Vaterschaftsnachweis anhand von STR-Wiederholungen

- Begründen Sie anhand Ihres Gelbildes, welchen möglichen Vater V1 oder V2 Sie für das Kind diagnostizieren.

**Lösungsvorschlag zu Übungen „DNA-Fingerprinting“**
**1. RFLP-Analyse bei Sichelzellanämie (HbS)**

1. Ermitteln Sie, welche Größe die DNA-Fragmente einer PCR mit den Primern 1 und 2 am Genlocus der  $\beta$ -Globinkette nach Behandlung mit dem Mst II-Restriktionsenzym im  $\beta$ A-Allel bzw. im  $\beta$ S-Allel besitzen.

Im  $\beta$ A-Allel entstehen DNA-Fragmente mit den Größen 1200 bp und 200 bp, da das 1500 bp große PCR-Fragment dreimal durch das Mst II-Enzym geschnitten wurde. Die beiden kurzen 50 bp-Stücke sind in der anschließenden GE nicht mehr zu sehen. Im  $\beta$ S-Allel entfällt die mittlere Schnittstelle durch die Punktmutation, deshalb entsteht hier nur ein großes 1400 bp langes DNA-Fragment.

2. Begründen Sie anhand von Abbildung 3, welche Diagnosen für die Kinder K1, K2 und K3 gestellt werden und ergänzen Sie in Abb. 3 den jeweiligen Genotyp (+/-) = heterozygoter Überträger, (+/+) = homozygot gesund bzw. (-/-) = homozygot krank sowie die Größen der entstandenen Restriktionsfragmente.

Das Bandenmuster von K1 zeigt drei Banden mit 1400, 1200 und 200 bp, also muss K1 heterozygoter Überträger sein, da es das Mst II-Schnittmuster des  $\beta$ A- und des  $\beta$ S-Allels zeigt. K2 ist homozygot gesund, da es nur das Bandenmuster des  $\beta$ A-Allels zeigt und diese Banden auch dicker sind, da das  $\beta$ A-Allel auf beiden Chromosomen vorkommt. K3 ist homozygot krank, da es nur eine dicke Bande bei 1400 bp zeigt.

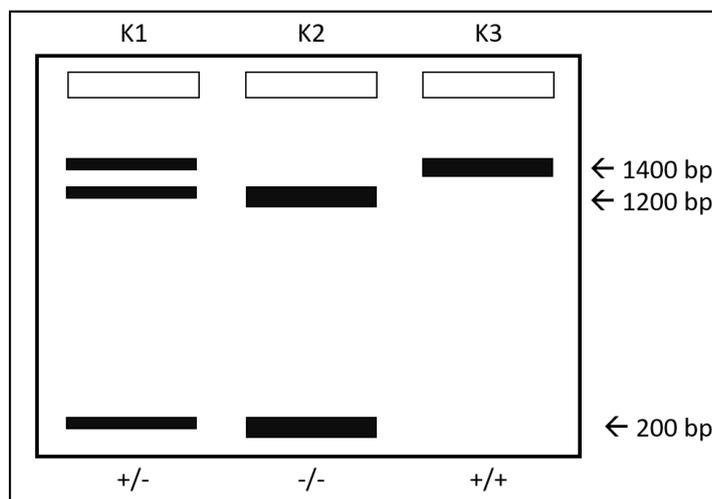


Abb. 3: GE-Bild einer PCR mit anschließender Mst II-Restriktion der Kinder K1, K2 und K3.

## 2. STR-Analyse bei einem Vaterschaftsnachweis

1. Veranschaulichen Sie den Inhalt von Tabelle 1 in einem gezeichneten Gelbild.

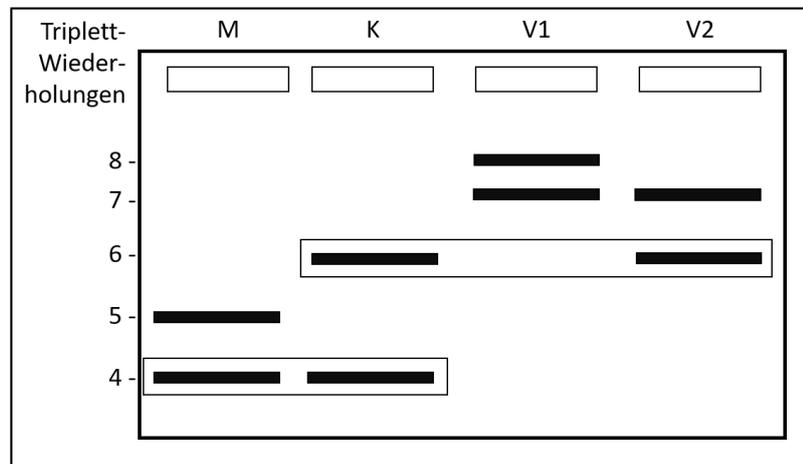


Abb. 4: Vorlage eines GE-Bildes für den Vaterschaftsnachweis anhand von STR-Wiederholungen

2. Begründen Sie anhand Ihres Gelbildes, welchen möglichen Vater V1 oder V2 Sie für das Kind diagnostizieren.

Vater 2 ist der Vater des Kindes, da dieses von ihm das Allel 2 mit 6 Triplets geerbt hat. Von der Mutter hat es das Allel 1 mit 4 Triplets geerbt. Vater 1 scheidet aus, da er nur Allele besitzt, die das Kind nicht hat.

### Weiterführende Quellen:

Institute of Biochemistry and Molecular Biology, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Verfügbar unter: <http://www.biochemie.uni-freiburg.de/en/nat-w/dna-finger.htm> [11.04.2020].

Campbell N. A. und Reece J. B.: Biologie (2019); 11. aktualisierte Aufl.; Pearson Studium Verlag, München.

## 5.2 Zusatzmaterial zur BPE 16.5: Unterrichtseinheit „Gene-Editing-Verfahren am Beispiel des CRISPR/Cas9-Systems“

Das beigefügte Arbeitsmaterial für die neu im BP enthaltene anspruchsvolle Unterrichtseinheit Gene-Editing-Verfahren am Bsp. des CRISPR/Cas9-Systems lässt sich gut in einem geteilten Unterricht verwenden. Der Fokus der Stunde kann entweder auf die inhaltlich fachliche Erarbeitung des CRISPR/Cas-Verfahrens gelegt werden oder aber auf eine ethische und ökologische Betrachtung des Themas. Ein möglicher problemorientierter Einstieg in die Unterrichtseinheit könnte z. B. sein: ein wissenschaftlicher Beitrag zur möglichen Therapie der Infektionskrankheit Malaria durch genetische Veränderung der Anophelesmücke oder die Sensationsnachricht der Geburt von (angeblich) HIV-resistenten chinesischen Zwillingen durch Keimbahntherapie mit dem CRISPR/Cas-System im Jahr 2018. Die Erarbeitung des Textes kann in Gruppenarbeit mit einem konsolidierenden Aufgabenkatalog sowie der Erstellung und Präsentation eines Plakats erfolgen. Als Abschluss (Roter Faden) bietet sich eine ethische und ökologische Betrachtung des Nutzens von Gene-Editing-Verfahren an. Ein möglicher Arbeitsauftrag für die Unterrichtseinheit ist beigefügt.

|                    |  |       |
|--------------------|--|-------|
| BPE<br><b>16.5</b> | Thema<br><b>Gene-Editing-Verfahren</b> | Datum |
|--------------------|--|-------|

**Informationstext „Gene-Editing-Verfahren am Beispiel des CRISPR/Cas9-Systems“**

Editing (engl.) bedeutet Informationen bzw. Daten umwandeln, bearbeiten. Im Zusammenhang mit dem Genom eines Organismus heißt dies, dass spezifische Gen- oder regulative Sequenzen des Erbguts gezielt verändert werden. Die Betonung liegt auf der gezielten Veränderung des Genoms, denn eine zufällige Veränderung des Genoms eines Organismus durch Mutationen im Evolutionsprozess oder Kreuzungen in der Pflanzen- und Tierzucht gibt es schon immer bzw. sehr lange. Das Prinzip von Genome- oder Gene-Editing-Verfahren besteht immer aus drei Schritten. Erstens muss die zu verändernde DNA-Sequenz im Genom einer Zelle mithilfe einer spezifischen Sonde gefunden werden = „Finden“. Zweitens muss an dieser Sequenz mit einer molekularen Gen-Schere, also einer DNA-Endonuklease (Restriktionsenzym) ein Doppelstrangbruch = „Schneiden“ erzeugt werden. Sowohl die Sonde als auch die „Gen-Schere“ müssen zuvor mithilfe von gentechnischen Verfahren hergestellt und in die Zelle eingebracht werden. Durch das zelleigene Reparatursystem werden drittens die Enden des DNA-Doppelstrangbruchs wieder zusammengefügt = „Reparieren“. Dadurch können kleine Fehler wie Insertionen oder Deletionen entstehen, sodass die DNA-Sequenz ihre eigentliche Funktion verliert. Es kann aber auch eine gezielte Editierung der Gensequenz mit neuer Funktion durch die Reparatur erfolgen.

Bislang wurden Gene-Editing-Verfahren hauptsächlich für die Pflanzenzucht entwickelt und werden teilweise bereits eingesetzt. Das 2014 von J.A. Doudna & E. Charpentier veröffentlichte CRISPR/Cas-System ist eine molekularbiologische Methode, die als besonders einfach gilt und deshalb auch in der Medizin zunehmend Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. CRISPR bedeutet „Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats“. Diese Sequenzen stammen aus Bakterien, wie *Streptomyces pyogenes* und dienen dort als eine Art Immunsystem zur Abwehr von Viren (Bakteriophagen). Sie sind immer mit zugehörigen Genen assoziiert, den CRISPR-associated genes (Cas), z. B. dem Gen für die Cas9-DNA-Endonuklease. Die Bakterien bauen nach einem Bakteriophagenbefall Sequenzen des Phagengenoms als Spacer zwischen palindromen Wiederholungen (Repeats) an einem bestimmten Bereich (Cluster) in ihrem Genom ein. Diese Sequenzen werden als CRISPR-RNA (crRNA) transkribiert und finden im Fall einer Zweitinfektion die komplementäre Sequenz im Phagengenom. Eine zweite transaktivierende RNA (tracrRNA) verbindet nun crRNA und Cas9-Nuklease, welche das Phagengenom zerschneidet. Für die Anwendung in einer eukaryotischen Zelle wird das modifizierte CRISPR/Cas9-System verwendet. Auch hier kommen die drei Schritte des Gene Editings „Finden – Schneiden – Reparieren“ zum Einsatz.

**Arbeitsauftrag „Gene Editing-Verfahren am Beispiel des CRISPR/Cas9-Systems“:**

- Lesen Sie den Text zum Gene-Editing-Verfahren CRISPR/Cas9 und erarbeiten Sie die Inhalte der drei Schritte ‚Finden – Schneiden – Reparieren‘.
- Beantworten Sie die Aufgaben zum Thema.
- Erstellen Sie ein Plakat, das den gesamten Ablauf eines Gene-Editing-Verfahrens visualisiert und erklärt.
- Präsentieren Sie Ihr Plakat im Plenum.
- Diskutieren Sie Vor- und Nachteile von Gene-Editing-Verfahren aus ethischer und ökologischer Sicht.

**Aufgaben zum Thema:**

1. Nennen Sie Beispiele für Erkrankungen, bei denen eine Gene-Editierung therapeutisch sinnvoll wäre.
2. Begründen Sie, warum die Protospacer-Sequenz sehr spezifisch und möglichst einzigartig im Genom der Zielzelle sein sollte.
3. Erklären Sie, warum die PAM-Sequenz zur Sicherung für die Cas9-Nuklease darstellt.
4. Beschreiben Sie die Vorgänge, die dazu führen, dass die Cas9-Nuklease einen Doppelstrangbruch in der Ziel-Sequenz erzeugt.
5. Nennen Sie die Bestandteile des CRISPR/Cas9-Verfahrens, die aus der Zielzelle stammen und die in die Zelle eingeführt werden müssen.
6. Begründen Sie, in welchem Zeitraum des Zellzyklus die Reparatur des Doppelstrangbruchs nur durch eine interne Matrize möglich ist.
7. Erörtern Sie, ob durch ein Gene-Editing-Verfahren auch Veränderungen außerhalb der Ziel-Sequenz erzeugt werden können und welche Folgen sich daraus ergeben.

## Die drei Schritte des CRISPR/Cas9-Systems

### 1. Finden:

Die Ziel-Sequenz innerhalb einer eukaryotischen Zelle (Pflanze, Tier, Mensch), z. B. ein Gen, das verändert bzw. inaktiviert werden soll, muss eine Protospacer-Sequenz und eine PAM-Sequenz enthalten (vgl. Abb. 1). Die Protospacer-Sequenz ist eine im Genom möglichst einmalige, kurze DNA-Sequenz definierter Länge. Die PAM-Sequenz (= protospacer adjacent motif) ist eine Art „Sicherung“. Das Cas9-Protein schneidet nur innerhalb der Ziel-Sequenz, wenn 5' (= upstream) der Protospacer-Sequenz das Motiv '-N-G-G-' liegt, wobei N jedes Nukleotid sein kann.

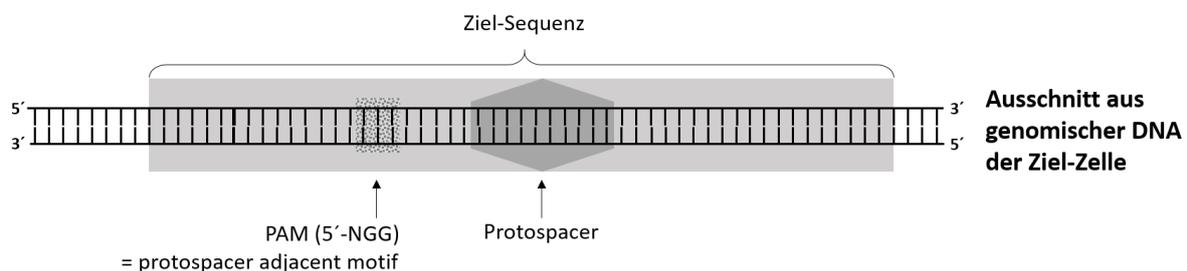


Abb. 1: Ziel-Sequenz im Genom der Ziel-Zelle mit Protospacer und PAM

### 2. Schneiden:

Um das CRISPR/Cas9-System in einer eukaryotischen Zelle anwenden zu können, müssen die bakteriellen Sequenzen für die Cas9-Nuklease sowie die crRNA und die tracrRNA über verschiedene Verfahren in die Zelle transferiert werden. Dazu wird das Gen für die Cas9-Nuklease so modifiziert, dass es in einer eukaryotischen Zelle exprimiert und in den Zellkern transportiert wird. Die Sequenzen für die crRNA und die tracrRNA werden als gemeinsame gRNA in die Zielzelle transferiert, dort transkribiert und gefaltet. Zusammen bilden sie in der Zielzelle den gRNA/Cas9-Komplex (vgl. Abb. 2).

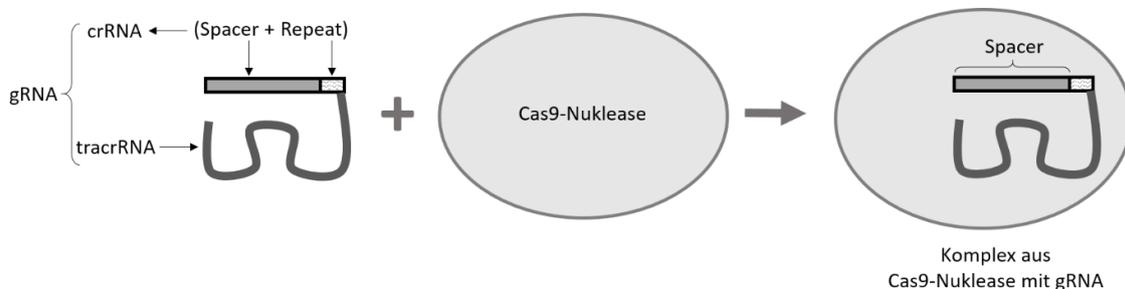


Abb. 2: Bildung des CRISPR/Cas9-Systems

Die Spacer-Sequenz des gRNA/Cas9-Komplexes hybridisiert nun in der Zielzelle an die Protospacer-Sequenz innerhalb der Ziel-Sequenz die editiert werden soll. Nach Erkennung der PAM-Sequenz durch die Cas9-Nuklease schneidet diese die DNA an beiden Strängen einige Basen vor der PAM-Sequenz (vgl. Abb. 3).

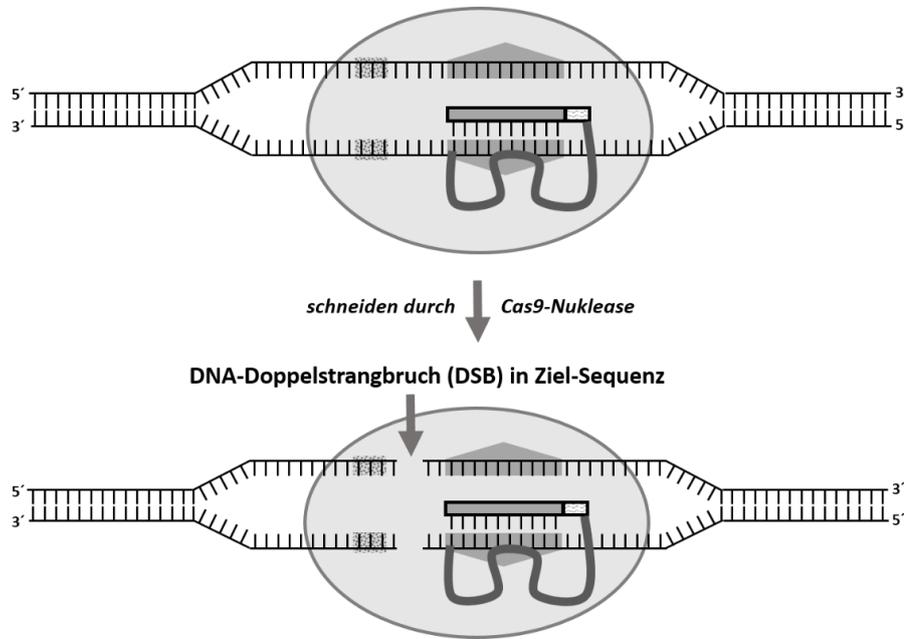


Abb. 3: Hybridierung des gRNA/Cas9-Komplexes mit der Protospacer-Sequenz und Erzeugung eines Doppelstrangbruchs

### 3. Reparieren:

Der durch den gRNA/Cas9-Komplex entstandene Doppelstrangbruch in der Ziel-Sequenz wird nun durch das zelluläre Reparatursystem wieder zusammengefügt (vgl. Abb. 4). Dies kann entweder durch nicht-homologe Verknüpfung der Enden (NHEJ) erfolgen, dabei werden Fehler durch Insertionen bzw. Deletionen, sogenannte Indel-Mutationen in Kauf genommen. Sie führen zum Funktionsverlust der Ziel-Sequenz. Alternativ erfolgt die Reparatur anhand homologer DNA-Sequenzen (HDR), z. B. das Schwesterchromatid (= interne Matrice), dies führt zu einer basengenauen Reparatur des Doppelstrangbruchs. Soll die Ziel-Sequenz eine neue Funktion erhalten, so kann eine externe Matrice für die Reparatur in die Zelle eingebracht werden. Sie muss neben der editierenden Basensequenz noch flankierende homologe DNA-Sequenzen für die HDR enthalten.

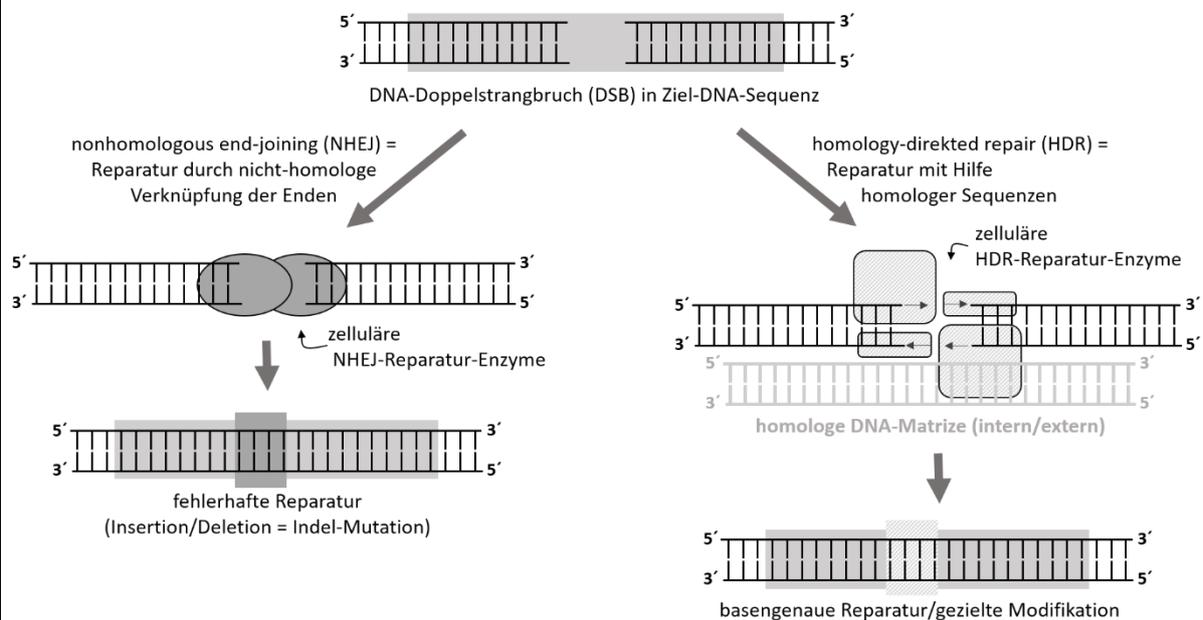


Abb. 4: NHEJ oder HDR durch das zelluläre Reparatursystem (Schema stark vereinfacht)

Die nun entstandene Gen-editierte Zelle muss sich durch geeignete Wachstumsfaktoren (z. B. bei Pflanzenzellen) und/oder den Transfer in eine passende Umgebung (z. B. bei tierischen Zellen entkernte Eizelle mit Transfer in ein Leihmuttertier) zu einem Organismus entwickeln. Erst dann kann mit geeigneten Methoden und/oder „Stress-Tests“ der Erfolg des Gene Editing getestet werden.

**Lösungsvorschlag für die Aufgaben zum Thema:**

1. Nennen Sie Beispiele für Erkrankungen, bei denen eine Gene-Editierung therapeutisch sinnvoll wäre.

Z. B. Mukoviszidose; genetische Veränderungen, die zu Stoffwechselstörungen führen.

2. Begründen Sie, warum die Protospacer-Sequenz sehr spezifisch und möglichst einzigartig im Genom der Zielzelle sein sollte.

Nur eine sehr spezifische und einzigartige Sequenz garantiert, dass die Cas9-Nuklease nicht an einem zweiten Locus im Genom schneidet.

3. Erklären Sie, warum die PAM-Sequenz zur Sicherung für die Cas9-Nuklease darstellt.

Sie ist eine Sicherung der Protospacer-Sequenz, damit diese nur dann geschnitten wird, wenn die PAM in der Nähe lokalisiert ist.

4. Beschreiben Sie die Vorgänge an, die dazu führen, dass die Cas9-Nuklease einen Doppelstrangbruch in der Ziel-Sequenz erzeugt.

Zuerst muss die transkribierte und gefaltete gRNA über die tracrRNA an die Cas9-Nuklease binden, diese muss zuvor in den Zellkern geleitet werden. Der Spacer der gRNA (crRNA) muss nun die Protospacer-Sequenz im Genom identifizieren, die Hybridisierung kann nur erfolgen, wenn die DNA durch die Cas9-Nuklease entwunden und einzelsträngig gemacht wird. Liegt in der Nachbarschaft eine PAM vor, dann schneidet die Cas9-Nuklease beide Einzelstränge.

5. Nennen Sie die Bestandteile des CRISPR/Cas9-Verfahrens, die aus der Zielzelle stammen und die in die Zelle eingeführt werden müssen.

Aus der Zielzelle stammen die Protospacer- und die PAM-Sequenz, außerdem die Reparaturenzyme, von außen eingeführt werden die DNA- und Gensequenzen für die gRNA und das Cas9-Protein bzw. die fertige gRNA und das fertige Protein.

6. Begründen Sie, in welchem Zeitraum des Zellzyklus die Reparatur des Doppelstrangbruchs nur durch eine interne Matrize möglich ist.

Eine Reparatur anhand einer homologen internen Matrize ist nur während oder nach Ende der Synthese-Phase des Zellzyklus möglich, denn nur dann liegen die Chromosomen mit zwei Chromatiden vor.

7. Erörtern Sie, ob durch ein Gene-Editing-Verfahren auch Veränderungen außerhalb der Ziel-Sequenz erzeugt werden können und welche Folgen sich daraus ergeben.

Wenn die Protospacer-Sequenz neben der Ziel-Sequenz auch noch an einem anderen Locus des Genoms vorkommt und sich dort zufällig auch eine PAM befindet, dann könnte die Cas9-Nuklease auch dort schneiden.

NHEJ-Reparaturmechanismen könnten dann dazu führen, dass an diesem Locus Insertionen oder Deletionen entstehen und damit könnte die Funktion eines Gens beeinträchtigt werden. Eventuell wäre dies eine Prädisposition für die Entstehung von Krebs.

**Lösungsvorschlag für die ethische/ökologische Diskussion:**

Vorteile, z. B.:

- einfaches System mit Übernahme der meisten Abläufe durch zelleigene Enzyme
- gezielte Veränderung jeder Basensequenz möglich
- bereits gute Erfolge bei der Eliminierung von „unerwünschten“ Genen durch „Zerschneiden“
- es werden keine artfremden DNA-Sequenzen in das Genom eingeführt, sodass die veränderten Organismen keine GVOs (gentechnisch veränderten Organismen) im eigentlichen Sinne sind (Gerichtsentscheidungen hierzu unterschiedlich)
- veränderter Organismus ist nicht von normalem Organismus zu unterscheiden, sofern Veränderung in der Korrektur einer Mutation liegt
- in Nutzpflanzen einfache Selektierung auf erfolgreich veränderte Pflanzen durch Sequenzierung der Ziel-Sequenz und Kreuzungen möglich

Nachteile, z. B.:

- Ziel-Sequenz muss genau bekannt und analysiert sein
- extrachromosomale DNA-Sequenzen (z. B. für gRNA/Cas9-Komplex) teilweise nur schwer wieder zu entfernen
- Spezifität des Protospacers ist nicht immer zu gewährleisten, eine etwas abweichende Sequenz kann an anderer Stelle des Genoms zusammen mit einem PAM durch den gRNA/Cas9-Komplex erkannt und geschnitten werden und so zu Mutationen und ggf. beim Menschen zu Krebs führen
- die langfristigen Auswirkungen auf das Ökosystem sind bei Veränderungen des Genoms von Tieren und Pflanzen nur schwer abzuschätzen (Bsp.: Generierung und Auswilderung von Anophelesmücken, deren Fruchtbarkeit vermindert ist, wodurch die Population nach und nach verschwinden und die Übertragung des Malaria-Erregers unmöglich machen soll, Kyrou, K. et al., 2018)
- bei Keimbahntherapie ist insbesondere beim Menschen die Selektierung einer erfolgreich veränderten embryonalen Zelle fast nicht möglich, so dass das „Ergebnis“ (z. B. Korrektur einer Basenmutation, die zu einer Erbkrankheit führt) erst sehr viel später offenbar wird → ethisches Dilemma! (Bsp.: Generierung (anscheinend) HIV-resistenter Zwillinge in China, 2018)

### 5.2.1 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Wissenschaftlicher Artikel zum CRISPR/Cas Verfahren in Bakterien: Martin Jinek, Krzysztof Chylinski, Ines Fonfara, Michael Hauer, Jennifer A. Doudna, Emmanuelle Charpentier: A Programmable Dual-RNA–Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity. In: *Science*. Band 337, Nr.6096, 17.August 2012.

Wissenschaftlicher Artikel zum CRISPR/Cas9-System: Jennifer Doudna, Emmanuelle Charpentier.:The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science* 346 (6213):1077 (2014).

CRISPR, TALEN, Zinkfinger: Genome Editing im Überblick: CRISPR, TALEN, Zinkfinger: Genome Editing im Überblick. Verfügbar unter: <https://www.transgen.de/forschung/1545.neue-zuechtungsverfahren-uebersicht.html> [11.04.2020]

Spektrum.de. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/news/die-neue-crispr-welt/1713780> [11.04.2020].

Deutsche Apotheker Zeitung. Verfügbar unter: <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2018/daz-49-2018/aufregung-um-crispr-babys> [01.05.2020].

Wissenschaftlicher Artikel zur Diskussion „Therapie von Infektionskrankheiten“: Kyrou, K., Hammond, A., Galizi, R. et al. A CRISPR–Cas9 gene drive targeting doublesex causes complete population suppression in caged *Anopheles gambiae* mosquitoes. *Nat Biotechnol* 36, 1062–1066 (2018). <https://doi.org/10.1038/nbt.4245> [01.05.2020].

Artikel zur Diskussion „Keimbahntherapie“: In Spektrum Kompakt: CRISPR/Cas – Eingriff ins menschliche Genom: Spektrum Kompakt, 02.10.2017, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg; In Wissenschaft.de. Verfügbar unter: <https://www.wissenschaft.de/gesundheit-medi-zin/crispr-babys-fataler-eingriff/> [11.04.2020].