

<p><b>UV Z1: Aufbau und Funktion der Zelle</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p>	<p><b>Fachschaftsinterne Absprachen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtmikroskopie, Präparation und wissenschaftliche Zeichnungen werden praktisch durchgeführt</li> </ul>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Aufbau der Zelle, Fachliche Verfahren: Mikroskopie</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>• Informationen erschließen (K)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>	<p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle</li> </ul> <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mikroskopie</li> <li>prokaryotische Zelle</li> <li>eukaryotische Zelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9).</li> <li>begründen den Einsatz unterschiedlicher mikroskopischer Techniken für verschiedene Anwendungsgebiete (S2, E2, E9, E16, K6).</li> </ul>	<p><b>Welche Strukturen können bei prokaryotischen und eukaryotischen Zellen mithilfe verschiedener mikroskopischer Techniken sichtbar gemacht werden?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Vergleich eines probiotischen Getränks und des Bodensatzes von Hefeweizen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Pflanzenzelle, Tierzelle, Bakterienzelle</li> <li>Vergleich der Zellgrößen durch Mikroskopieren verschiedener Präparate von Prokaryoten und Eukaryoten mit dem Lichtmikroskop (S1)</li> <li>Recherche in analogen sowie digitalen Medien etwa zu Zellgrößen bei Bakterien, Einzellern und anderen eukaryotischen Zellen (K1, K2)</li> <li>Vergleich des Grundbauplans von pro- und eukaryotischen Zellen unter Berücksichtigung der Kompartimentierung (Basiskonzept Struktur und Funktion) (S2)</li> <li>Erläuterung des Verfahrens der Lichtmikroskopie und Begründung der Grenzen lichtmikroskopischer Auflösung (K6)</li> <li>Ableitung der Unterschiede zwischen Licht- und Fluoreszenzmikroskopie sowie Elektronenmikroskopie in Bezug auf technische Entwicklung, Art des eingesetzten Präparates, erreichte Vergrößerung und Begründung der unterschiedlichen Einsatzgebiete in der Zellbiologie (E2, E9, K9)</li> <li>Reflexion der Wissensproduktion zum Beispiel unter Berücksichtigung möglicher Artefakte bei der Elektronenmikroskopie (E16)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10).</li> </ul>	<p><b>Wie ermöglicht das Zusammenwirken der einzelnen Zellbestandteile die Lebensvorgänge in einer Zelle?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>„System Zelle“ – Die Zelle als kleinste lebensfähige Einheit [1]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Kennzeichen des Lebendigen</li> <li>Erläuterung von Aufbau und Funktion von verschiedenen Zellbestandteilen pflanzlicher und tierischer Zellen anhand von Modellen und elektronenmikroskopischen Aufnahmen (S2, K10)</li> <li>Erklärung des Zusammenwirkens von Organellen, die am Membranfluss beteiligt sind (K5)</li> <li>Vergleich des Aufbaus von Mitochondrien und Chloroplasten und Ableitung der jeweiligen Kompartimente (S2)</li> <li>Erläuterung der Bedeutung der Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle (Basiskonzept Struktur und Funktion) auch im Hinblick auf gegenläufige Stoffwechselprozesse (S5)</li> </ul>

<p>• Inhaltliche Aspekte</p>	<p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...</p>	<p><i>Sequenzierung: Leitfragen</i></p>	<p><b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung</li> <li>• Mikroskopie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern theoriegeleitet den prokaryotischen Ursprung von Mitochondrien und Chloroplasten (E9, K7).</li> <li>• analysieren differenzierte Zelltypen mithilfe mikroskopischer Verfahren (S5, E7, E8, E13, K10).</li> <li>• vergleichen einzellige und vielzellige Lebewesen und erläutern die jeweiligen Vorteile ihrer Organisationsform (S3, S6, E9, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Erkenntnisse über den Bau von Mitochondrien und Chloroplasten stützen die Endosymbiontentheorie?</b> (ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welche morphologischen Anpassungen weisen verschiedene Zelltypen von Pflanzen und Tieren in Bezug auf ihre Funktionen auf?</b> (ca. 6 Ustd.)</p> <p><b>Welche Vorteile haben einzellige und vielzellige Organisationsformen?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Mitochondrien und Chloroplasten – Nachfahren von Prokaryoten?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Besonderheiten von Mitochondrien und Chloroplasten (äußere und innere Membran, Vermehrung durch Teilung, Genom, Ribosomen) unter Einbezug proximaler Erklärungen und Vergleich mit prokaryotischen Systemen (E9, K7)</li> <li>• modellhafte Darstellung des hypothetischen Ablaufs unter Fokussierung auf der Herkunft der Doppelmembran sowie der Aspekte einer Endosymbiose (E9)</li> <li>• ultimate Erklärung des prokaryotischen Ursprungs der Mitochondrien und Chloroplasten mithilfe der Endosymbiontentheorie (K7)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i> <b>Lichtmikroskopie von differenzierten Tier- und Pflanzenzellen in Geweben</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie von Fertigpräparaten verschiedener Tierzellen im Gewebeverband: Muskelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen (E7, E8)</li> <li>• Herstellung von Präparaten und Mikroskopie von ausdifferenzierten Pflanzenzellen: Blattgewebe, Leitgewebe, Festigungsgewebe, Brennhaar (E8)</li> <li>• Analyse der Anpassungen von verschiedenen Laubblättern (Blattquerschnitte von Sonnen- und Schattenblättern, Kiefernadeln, Maisblatt) im Hinblick auf Fotosynthese und Transpiration (K10)</li> <li>• Anfertigung wissenschaftlicher Zeichnungen zur Dokumentation und Interpretation der beobachteten Strukturen unter Berücksichtigung der Anpassung der Zelltypen (Basiskonzept Struktur und Funktion) und Vergleich mit Fotografien (E13)</li> <li>• Reflexion der Systemebenen (Zelle, Gewebe, Organ, Organismus) unter Bezug zur Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung) (S5)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i> <b>Vielfalt der Organisationsformen von Lebewesen</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzierung zwischen unterschiedlichen Systemebenen: Moleküle – Zelle – Gewebe – Organ – Organismus (S6)</li> <li>• Erläuterung der unterschiedlichen Organisationsformen innerhalb der <i>Chla-</i></li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<p><i>mydomonadales</i> (Grünalgen-Reihe) und Ableitung der Eigenschaften von Vielzellern (Arbeitsteilung, Kommunikation, Fortpflanzung) anhand von <i>Volvox</i> [2] (S3, E9)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fakultativ: Differenzierung der Begriffe Einzeller / Bakterien und Darstellung der Vielfalt der Bakterien hinsichtlich der Anpassungen ihres Stoffwechsels an unterschiedliche Lebensräume [3]</li> <li>• Diskussion der Vorteile verschiedener Organisationsformen bei Berücksichtigung der Unterschiede zwischen proximativen und ultimativen Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen [2] [3] (K7, K8)</li> </ul>

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6050">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6050</a>	Der alternative Kontext bietet für die Lehrkraft die Möglichkeit, das „System Zelle“ als kleinste lebensfähige Einheit am Beispiel von <i>Chlamydomonas</i> und <i>Paramecium</i> im Unterricht erarbeiten zu lassen. Die zentralen Unterrichtssituationen werden anhand der Beispiele der beiden Einzeller entwickelt und dann verallgemeinert.
2	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6048">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6048</a>	Anregungen für die Lehrkraft, um die Unterschiede zwischen proximativen und ultimativen Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen im Kontext mit den Organisationsformen von <i>Chlamydomonas</i> und <i>Volvox</i> zu verdeutlichen.
3	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6049">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6049</a>	Anregungen für die Lehrkraft, um die Unterschiede zwischen proximativen und ultimativen Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen im Kontext mit den Organisationsformen von <i>Thermus aquaticus</i> und Mensch zu verdeutlichen.

Letzter Zugriff auf die ULR: 01.06.2022

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]

<p><b>UV Z2: Biomembranen</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p>	<p><b>Fachschaftsinterne Absprachen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Experimente zu den biochemischen Eigenschaften der Stoffgruppen</li> <li>• Experimente zu Diffusion und Osmose</li> </ul>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Biochemie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von osmotischen Vorgängen</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>• Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>• Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> </ul>	<p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Information und Kommunikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen</li> </ul> <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffgruppen: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine</li> <li>• Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> <li>• stellen den Erkenntniszuwachs zum Aufbau von Biomembranen durch technischen Fortschritt und Modellierungen an Beispielen dar (E12, E15–17).</li> </ul>	<p><b>Wie hängen Strukturen und Eigenschaften der Moleküle des Lebens zusammen?</b> (ca. 5 Ustd.)</p> <p><b>Wie erfolgte die Aufklärung der Struktur von Biomembranen und welche Erkenntnisse führten zur Weiterentwicklung der jeweiligen Modelle?</b></p>	<p><b>Kontext:</b> <b>Moleküle des Lebens – biochemische Grundlagen für die Erklärung zellulärer Phänomene</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Vorwissen aus der Chemie → Sek I (Elemente, kovalente Bindungen, polare Bindungen, Wasser als polares Molekül, Ionen)</li> <li>• fakultativ: Planung und Durchführung von Experimenten zur Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser, Ethanol und Waschbenzin zur Ableitung der Begriffsdefinitionen von hydrophil und hydrophob</li> <li>• Erläuterung des Aufbaus und der Eigenschaften von Kohlenhydraten, Lipiden und Proteinen sowie der Nukleinsäuren auch unter Berücksichtigung der Variabilität durch die Kombination von Bausteinen (K6)</li> </ul> <p><b>Kontext:</b> <b>Modellentwicklung zum Aufbau von Biomembranen [1]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung des Modells von Gorter und Grendel aus der Analyse von Erythrocyten-Membranen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>physiologische Anpassungen: Homöostase</li> <li>Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären experimentelle Befunde zu Diffusion und Osmose mithilfe von Modellvorstellungen (E4, E8, E10–14).</li> <li>erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> <li>erklären die Bedeutung der Homöostase des osmotischen Werts für zelluläre Funktionen und leiten mögliche Auswirkungen auf den Organismus ab (S4, S6, S7, K6, K10).</li> <li>erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> </ul>	<p>(ca. 6 Ustd.)</p> <p><b>Wie können Zellmembranen einerseits die Zelle nach außen abgrenzen und andererseits doch durchlässig für Stoffe sein?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p> <p><b>Wie können extrazelluläre Botenstoffe, wie zum Beispiel Hormone, eine Reaktion in der</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erklärung der Veränderungen zum Sandwich-Modell von Davson und Danielli aufgrund chemischer Analysen und elektronenmikroskopischer Bilder von Zellmembranen</li> <li>Erläuterung des Fluid-Mosaik-Modells anhand folgender Analysen durch Singer und Nicolson und Bestätigung durch die Gefrierbruch-Methode sowie Zellfusions-Experimente von Frye und Edidin</li> <li>Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Membranmodelle auch anhand selbst hergestellter Membranmodelle (E12)</li> <li>Reflektion des Erkenntnisgewinnungsprozesses ausgehend vom technischen Fortschritt der Analyseverfahren und Weiterentwicklung des Membranmodells zum modernen Fluid-Mosaik-Modell (E15–17)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Abgrenzung und Austausch – (k)ein Widerspruch?</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hypothesengeleitete Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zu Diffusion und Osmose, sodass ausgehend von der Beschreibung der Phänomene anhand von Modellvorstellungen zum Aufbau von Biomembranen die experimentellen Befunde erklärt werden können (E4, E8)</li> <li>Einbezug von Experimenten zur Diffusion, zur qualitativen und quantitativen Ermittlung von Daten zur Osmose, zur mikroskopischen Analyse osmotischer Prozesse bei in pflanzlichen Geweben (E10, E11, E14)</li> <li>Erläuterung von Modellvorstellungen zu verschiedenen Transportprozessen durch Biomembranen unter Berücksichtigung von Kanalproteinen, Carrierproteinen und Transport durch Vesikel (S7, E12, E13)</li> <li>Ableitung der Eigenschaften der Transportsysteme auch im Hinblick auf energetische Aspekte (aktiver und passiver Transport) (S5, K6)</li> <li>Erläuterung der Bedeutung zellulärer Transportsysteme am Beispiel von Darmepithelzellen, Drüsenzellen und der Blut-Hirn-Schranke (S6, S7)</li> <li>Diskussion der Bedeutung der Osmoregulation für Einzeller in Süß- bzw. Salzwasser unter Bezugnahme auf das Basiskonzept Steuerung und Regelung (Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation) und Anwendung auf die Homöostase bei der Osmoregulation von Süß- und Salzwasserfischen (S4, S7, K10)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Signaltransduktion am Beispiel des Hormons Insulin [2]</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
		<p><b>Zelle auslösen?</b> (ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welche Strukturen sind für die Zell-Zell-Erkennung in einem Organismus verantwortlich?</b> (ca. 1 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Wirkung des Hormons Insulin auf die Glucosekonzentration im Blut</li> <li>• Erläuterung des Schlüssel-Schloss-Prinzips am Beispiel der Bindung des Insulins an den Insulinrezeptor und Erarbeitung der Signaltransduktion sowie der ausgelösten Signalkette in der Zielzelle (S2, S5)</li> <li>• Ableitung der Auswirkungen des Insulins auf die Glucosekonzentration im Blut unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Information und Kommunikation (Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen) (S6, S7)</li> </ul> <p>Kontext: <b>Organtransplantation</b> zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Immunantwort auf körperfremde Organe</li> <li>• Ableitung der Vielzahl von Oberflächenstrukturen einer Zelle aufgrund der Variationsmöglichkeiten von Glykolipiden und Glykoproteinen und Erklärung der Spezifität dieser Oberflächenstrukturen (S2)</li> <li>• Erläuterung der Möglichkeiten der Zell-Zell-Erkennung aufgrund spezifischer Bindung von Oberflächenstrukturen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip und Unterscheidung zwischen körpereigenen und körperfremden Oberflächenstrukturen (S5, S7)</li> <li>• Diskussion der Bedeutung von Zell-Zell-Erkennung in Bezug auf Reaktionen des Immunsystems sowie die Bildung von Zellkontakten in Geweben unter Berücksichtigung der Basiskonzepte Struktur und Funktion sowie Information und Kommunikation (S5, K6)</li> </ul>

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=2904&amp;lang=9">https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=2904&amp;lang=9</a>	Die durch SINUS.NRW bereitgestellten Materialien (2017) legen den Schwerpunkt im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz und hier beim Wechselspiel zwischen Modellen und ihrer Überprüfung.
2	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6051">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6051</a>	Hier sind Sachinformationen zum Insulinrezeptorprotein und der durch Insulinbindung ausgelösten Signalkette sowie didaktische Hinweise etwa für die Einbindung der Basis-konzepte zusammengefasst. Neben essentiellen Informationen sind auch mögliche Vertiefungen angegeben, die eine Anwendung des Vorwissens der Lerngruppe ermöglichen.

Letzter Zugriff auf die ULR: 01.06.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]*



<p><b>UV Z3: Mitose, Zellzyklus und Meiose</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p>	<p><b>Fachschaftsinterne Absprachen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Mikroskopie von Wurzelspitzen (<i>Allium cepa</i>)</li> </ul>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Genetik der Zelle, Fachliche Verfahren: Analyse von Familienstammbäumen</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>• Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)</li> <li>• Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>• Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul>	<p><b>Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitose: Chromosomen, Cytoskelett</li> <li>• Zellzyklus: Regulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Bedeutung der Regulation des Zellzyklus für Wachstum und Entwicklung (S1, S6, E2, K3).</li> </ul>	<p><b>Wie verläuft eine kontrollierte Vermehrung von Körperzellen?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Wachstum bei Vielzellern geschieht durch Zellvermehrung und Zellwachstum</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Vorwissen zur Mitose und zum Zellzyklus (→ Sek I)</li> <li>• fakultativ: Mikroskopieren von Präparaten einer Wurzelspitze von <i>Allium cepa</i>, Vergleich von Chromosomenanordnungen im Zellkern mit modellhaften Abbildungen, Schätzung der Häufigkeit der verschiedenen Phasen (Mitose und Interphase) im Präparat</li> <li>• Erläuterung der Phasen des Zellzyklus, dabei Fokussierung auf die Entstehung genetisch identischer Tochterzellen. Berücksichtigung des Basiskonzepts Struktur und Funktion: Abhängigkeit der Chromatin-Struktur von der jeweiligen Funktion</li> <li>• Erstellung eines Schemas zum Zellzyklus als Kreislauf mit Darstellung des Übergangs von Zellen in die G<sub>0</sub>-Phase. Dabei Unterscheidung der ruhenden Zellen und Beachtung unterschiedlich langer G<sub>0</sub>-Phasen verschiedener Zelltypen: nie wieder sich teilende Zellen (wie Nervenzellen) und Zellen, die z. B. nach Verletzung wieder in die G<sub>1</sub>-Phase zurückkehren können</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>begründen die medizinische Anwendung von Zellwachstumshemmern (Zytostatika) und nehmen zu den damit verbundenen Risiken Stellung (S3, K13, B2, B6–9).</li> <li>diskutieren kontroverse Positionen zum Einsatz von embryonalen Stammzellen (K1-4, B1–6, B10–12).</li> </ul>	<p><b>Wie kann unkontrolliertes Zellwachstum gehemmt werden und welche Risiken sind mit der Behandlung verbunden?</b> (ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welche Ziele verfolgt die Forschung mit embryonalen Stammzellen und wie wird diese Forschung ethisch bewertet?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erläuterung der Regulation des Zellzyklus durch Signaltransduktion: Wachstumsfaktor und wachstumshemmender Faktor wirken an bestimmten Kontrollpunkten des Zellzyklus. (Basiskonzept: Information und Kommunikation), Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung: Kontrolle des Zellzyklus</li> <li>fakultativ: Bedeutung der Apoptose (programmierter Zelltod)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Behandlung von Tumoren mit Zytostatika</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definition des Krankheitsbildes Krebs und Bedeutung von Tumoren [1]</li> <li>Recherche zu einem Zytostatikum und Erstellung eines Infoblattes mit Wirkmechanismus und Nebenwirkungen zur Erläuterung der Wirkungsweise (das Infoblatt sollte auch fachübergreifende Aspekte beinhalten) [2]</li> <li>konstruktiver Austausch über die Ergebnisse, Fokussierung auf die unspezifische Wirkung von Zytostatika (→ Ausblick auf Möglichkeiten personalisierter Medizin) (K13)</li> <li>Abschätzung von Nutzen und Risiken einer Zytostatikatherapie basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, dabei sollen unterschiedliche Perspektiven eingenommen und Handlungsoptionen berücksichtigt werden (B8)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Unheilbare Krankheiten künftig heilen?</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Beschreibung der Pluripotenz embryonaler Stammzellen und Erklärung der Bedeutung im Zusammenhang mit dem Zellzyklus sowie der Entstehung unterschiedlicher Gewebe</li> <li>Recherche von Zielen der embryonalen Stammzellforschung [3-6]</li> <li>Identifikation der Gründe für die besondere ethische Relevanz des Einsatzes von embryonalen Stammzellen</li> <li>Benennung von Werten, die verschiedenen Positionen zugrunde liegen können und Beurteilung von Interessenlagen (B4, B5)</li> <li>Entwicklung von notwendigen Bewertungskriterien, um zu einem begründeten Urteil zu kommen.</li> <li>Reflexion von kurz- und langfristigen Folgen von Entscheidungen sowie Reflexion des Bewertungsprozesses (B10, B11)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Karyogramm: Genommutationen, Chromosomenmutationen</li> <li>Meiose</li> <li>Rekombination</li> <li>Analyse von Familienstammbäumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern Ursachen und Auswirkungen von Chromosomen- und Genommutationen (S1, S4, S6, E11, K8, K14).</li> </ul>	<p><b>Nach welchem Mechanismus erfolgt die Keimzellbildung und welche Mutationen können dabei auftreten?</b> (ca. 6 Ustd.)</p> <p><b>Inwiefern lassen sich Aussagen zur Vererbung genetischer Erkrankungen aus Familienstammbäumen ableiten?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hinweis: Der Fokus liegt hier nicht auf der detaillierten Kenntnis von Stammzelltypen, sondern auf der Frage, welche Argumente für und gegen die Nutzung von embryonalen Stammzellen für die Medizin möglich sind. Voraussetzung dafür ist im Wesentlichen das Wissen um die Pluripotenz der embryonalen Stammzellen.</li> </ul> <p>Kontext: <b>Karyogramm einer an Trisomie 21 erkrankten Person</b> zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen: Beschreibung und Analyse des Karyogramms einer Person mit Trisomie 21 unter Verwendung der bisher gelernten Fachbegriffe (→ Sek I)</li> <li>Vergleich von Karyogrammen bei freier Trisomie 21 und Translokationstrisomie zur Identifikation von Chromosomen- und Genommutationen in Karyogrammen: Beschreibung der Unterschiede, Entwicklung von Fragestellungen und Vermutungen zu den Abweichungen</li> <li>Erläuterung von Ursachen und Auswirkung der Genommutation</li> <li>Definition der unterschiedlichen Formen von Chromosomenmutationen</li> <li>Reaktivierung des Vorwissens (→ Sek I: Meiose und Befruchtung,)</li> <li>Vertiefende Betrachtung der Meiose</li> <li>Erläuterung der Ursachen der Trisomie 21</li> <li>Betrachtung der Unterschiede zur Mitose, vor allem im Hinblick auf die Reduktion des Chromosomensatzes bei der Gametenreifung.</li> <li>Herausstellung der Vorteile sexueller Fortpflanzung: interchromosomale und intrachromosomale Rekombination (S6)</li> </ul> <p>Kontext: <b>Familienfoto zeigt phänotypische Variabilität unter Geschwistern</b> zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung des Vorwissens zu genetischer Verschiedenheit homologer Chromosomen</li> <li>Modellhafte Darstellung der Rekombinationsmöglichkeiten durch Reduktionsteilung und Befruchtung,</li> <li>Klärung des Zusammenhangs zwischen Meiose und Erbgang, dabei Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>wenden Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf Basis der Meiose bei der Analyse von Familienstammbäumen an (S6, E1–3, E11, K9, K13).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Problematisierung der phänotypischen Ausprägung bei Heterozygotie</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Familienberatung mithilfe der Analyse eines Familienstammbaums zu einem genetisch bedingtem Merkmal</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen: Regeln der Vererbung (Gen- und Allelbegriff, Familienstammbäume) (→ Sek I)</li> <li>Analyse von Familienstammbäumen, dabei Beachtung der Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung [7-8]</li> <li>Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung in Abhängigkeit des Genotyps der Eltern auf Grundlage der Möglichkeiten interchromosomaler Rekombination</li> </ul>

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/01_Cytologie-Krebstherapie_Jahrgang-EF_60a3feb654f1b.pdf">https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/01_Cytologie-Krebstherapie_Jahrgang-EF_60a3feb654f1b.pdf</a>	ausgearbeitetes Unterrichtsvorhaben „Kein Leben ohne Zelle – Auswirkungen einer Krebserkrankung und Möglichkeiten der Therapie“, aus dem Teile auch in diesem Zusammenhang verwendet werden können
2	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6052">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6052</a>	Sachinformationen zu Zytostatika und didaktische Hinweise
3	<a href="https://www.dpz.eu/de/infothek/wissen/stammzellforschung.html">https://www.dpz.eu/de/infothek/wissen/stammzellforschung.html</a>	Leibniz-Institut für Primatenforschung
4	<a href="https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/bioethik/bioethik-gesellschaftliche-her--modernen-lebenswissenschaften.html">https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/bioethik/bioethik-gesellschaftliche-her--modernen-lebenswissenschaften.html</a>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
5	<a href="https://zellux.net/">https://zellux.net/</a>	Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin
6	<a href="https://www.stammzellen.nrw.de/informieren/ethik-und-recht/ethische-fragestellungen">https://www.stammzellen.nrw.de/informieren/ethik-und-recht/ethische-fragestellungen</a>	Stammzellnetzwerk.NRW
7	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9932">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9932</a>	Arbeitsblatt Stammbaumanalyse, geeignet für Sek. I und Sek. II
8	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9933">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9933</a>	Hinweise und Lösungen zum Arbeitsblatt Stammbaumanalyse

Letzter Zugriff auf die ULR: 01.06.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]*

<p><b>UV Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p>	<p><b>Fachchaftsinterne Absprachen</b></p>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Physiologie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von Enzymaktivitäten</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>	<p><b>Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anabolismus und Katabolismus</li> <li>• Energieumwandlung: ATP-ADP-System</li> <li>• Energieumwandlung: Redoxreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Bedeutung des ATP-ADP-Systems bei auf- und abbauenden Stoffwechselprozessen (S5, S6).</li> </ul>	<p><b>Welcher Zusammenhang besteht zwischen aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel in einer Zelle stofflich und energetisch?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>„Du bist, was du isst“ – Umwandlung von Nahrung in körpereigene Substanz</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I, EF.1) durch Analyse einer Nährwerttafel: Zusammenhang zwischen Nahrungsbestandteilen und Zellinhaltsstoffen</li> <li>• Erstellung eines vereinfachten Schemas zum katabolen und anabolen Stoffwechsel, dabei Verdeutlichung des energetischen Zusammenhangs von abbauenden (exergonischen) und aufbauenden (endergonischen) Stoffwechselwegen, dabei Berücksichtigung der Abgrenzung von Alltags- und Fachsprache [1]</li> <li>• Verdeutlichung des Grundprinzips der energetischen Kopplung durch Energieüberträger</li> <li>• Erläuterung des ATP-ADP-Systems unter Verwendung einfacher Modellvorstellungen: ATP als Energieüberträger</li> </ul> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>„Chemie in der Zelle“ – Redoxreaktionen ermöglichen den Aufbau und Abbau von Stoffen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Enzyme: Kinetik</li> <li>Untersuchung von Enzymaktivitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).</li> <li>entwickeln Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren und überprüfen diese mit experimentellen Daten (E2, E3, E6, E9, E11, E14).</li> <li>beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E9, K6, K8, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie können in der Zelle biochemische Reaktionen reguliert ablaufen?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I Chemie): Redoxreaktion als Elektronenübertragungsreaktion, Donator-Akzeptor-Prinzip, Energieumsatz</li> <li>Herstellen eines Zusammenhangs von exergonischer Oxidation und Katabolismus sowie endergonischer Reduktion und Anabolismus</li> <li>Erläuterung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und die Bedeutung von Reduktionsäquivalenten für den Stoffwechsel</li> <li>Vervollständigung des Schaubildes zum Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel durch Ergänzung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und des ATP-ADP-Systems. Dabei Herausstellung des Recyclings der Trägermoleküle und der Kopplung von Stoffwechselreaktionen</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Enzyme ermöglichen Reaktionen bei Körpertemperatur.</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Demonstrationsexperiment zur Verbrennung eines Zuckerwürfels mit und ohne Asche.</li> <li>Definition des Katalysators und Veranschaulichung der Wirkung im Energie-diagramm.</li> <li>Erarbeitung der Merkmale von Enzymen als Proteine (→ EF.1) mit spezifischer Raumstruktur und ihrer Eigenschaft als Biokatalysatoren</li> <li>Herstellen des Zusammenhangs mit Stoffwechselreaktionen im Organismus und Hervorheben der Bedeutung von kontrollierter Stoffumwandlung durch Zerlegung in viele Teilschritte</li> <li>Erarbeitung des Prinzips von Enzymreaktionen, dabei Berücksichtigung von Enzymeigenschaften wie Spezifität und Sättigung und Berücksichtigung des Schlüssel-Schloss-Prinzips (Basiskonzept Struktur und Funktion)</li> <li>Entwicklung einer Modellvorstellung als geeignete Darstellungsform (E12, K9)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Die Enzymaktivität ist abhängig von Umgebungsbedingungen.</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung von Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration (Sättigung) und der Temperatur (RGT-Regel, Denaturierung von Proteinen z.B. bei Fieber), Überprüfung durch Auswertung von Experimenten, wenn möglich selbst durchgeführt (E11, E14)</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Enzyme: Regulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der Kenntnisse zur Enzymaktivität auf die Auswirkungen eines weiteren Faktors wie etwa dem pH-Wert am Beispiel von Verdauungsenzymen</li> <li>Interpretation grafischer Darstellungen zur Enzymaktivität, hierbei Fokussierung auf die korrekte Verwendung von Fachsprache und Vermeidung von Alltagssprache und ggf. Korrektur finaler Erklärungen (K6, K8)</li> <li>fakultativ: Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Salinität der Umgebung, Bezug zur Homöostase möglich (→ Osmoregulation).</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>„Alkohol verdrängt Alkohol“: Eine Methanol-Vergiftung kann mit Ethanol behandelt werden.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erweiterung der Modellvorstellung zu Enzymen durch die Darstellung der kompetitiven Hemmung (E12)</li> <li>Erläuterung der Modellvorstellung zur allosterischen Hemmung und Beurteilung von Grenzen der Modellvorstellungen</li> <li>Erarbeitung der Enzymaktivität durch kompetitive und allosterische Hemmung anhand von Diagrammen (K9)</li> <li>Erläuterung der Aktivierung von Enzymen und die Bedeutung von Cofaktoren [2], Beschreibung einer Reaktion mit ATP und ggf. NADH+H<sup>+</sup> als Cofaktor unter Nutzung modellhafter Darstellungen, dabei Rückbezug zur Darstellung des Zusammenhangs von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen. [1]</li> </ul>

Weiterführende Materialien:



Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6054">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6054</a>	Sachinformationen und Anregungen für die Lehrkraft zur Darstellung der Zusammenhänge von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen
2	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053</a>	Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.)

Letzter Zugriff auf die URL: 01.06.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]*