

Gymnasiale Oberstufe Saar (GOS)

Lehrplan Biologie

G-Kurs

Februar 2008

Vorbemerkung

Der Lehrplan für das erste Jahr des G-Kurses beinhaltet die Themenkreise Stoffwechsel mit den Prozessen der Assimilation und Dissimilation, Reizphysiologie und Ökologie. Diese Themen bieten vielfältige Möglichkeiten, das Gelernte in Versuchen, Praktika und Exkursionen experimentell zu vertiefen.

Die vielfältigen Wechselbeziehungen im Ökosystem sollen aufgezeigt und eine Sensibilisierung gegenüber der Natur angestrebt werden, um auf ein verantwortungsvolles Handeln gegenüber sich selbst und der Natur hinzuwirken.

Beim Beobachten, Experimentieren und Analysieren – im Rahmen der Untersuchung eines möglichst naturnahen Fließgewässers – bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, sowohl Eigeninitiative und Teamarbeit zu fördern, als auch fachspezifische Denkweisen und Forschungsmethoden der Biologie zu erlernen.

Im Themenkreis Reizphysiologie werden Grundlagen der Nerven- und Sinnesfunktionen exemplarisch behandelt. Verschaltungen von Nervenzellen im ZNS und die Beeinflussung nervöser Funktionen werden verdeutlicht. Bei der Behandlung der reizphysiologischen Prozesse sollen Struktur und Funktion im Zusammenhang dargestellt werden.

Der Lehrplan für das zweite Jahr des G-Kurses umfasst die Themenkreise Klassische Genetik, Molekulargenetik, Molekularbiologie / Gentechnik und Evolution.

Da wichtige Grundlagen der klassischen Genetik bereits in der Klassenstufe 9 und der Einführungsphase unterrichtet wurden, ist zu Beginn dieser Themenkreise eine Wiederholung in Form von Übungs-/ Hausaufgaben unerlässlich.

Alle Teilgebiete bieten den Schülerinnen und Schülern vielfältige Möglichkeiten sowohl Grundlagenwissen als auch Einsichten in aktuelle Forschungsmethoden zu erwerben. Dies ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, biologische Forschungsergebnisse in ihrer Auswirkung auf gesellschaftsrelevante Veränderungen hin kritisch zu hinterfragen, um zu einer eigenen Beurteilung zu gelangen.

Nach der Wiederholung der immunbiologischen Grundlagen aus Klassenstufe 8 stehen neben den biologischen Abläufen mit der Behandlung von HIV / AIDS Themen mit sozialer Problematik im Mittelpunkt. Neben dem reinen Wissenserwerb sollen hier Kompetenzen zu einer Beurteilung der persönlichen Lebensführung im Hinblick auf Gesundheit und Sexualität entwickelt werden.

Im Rahmen des Themenkreises Evolution bietet es sich an, die Vernetzung aller Teilgebiete der Biowissenschaften in der synthetischen Evolutionstheorie aufzuzeigen. Die Evolutionstheorie ist neben der Atomtheorie und der Relativitätstheorie eine der zentralen Theorien der Naturwissenschaften. Es muss deutlich werden, dass Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung einerseits und philosophische bzw. religiöse Vorstellungen andererseits verschiedenen Ebenen angehören, die in der Argumentation weder als Pro- noch als Contra-Argumente für Aussagen der anderen Ebene herangezogen werden können.

Bei der Behandlung der Themenkreise des zweiten Jahres der Hauptphase bietet sich ein fachübergreifender Unterricht mit dem Fach Religion bzw. Ethik in besonderem Maße an.

Alle Themenkreise des G-Kurses, insbesondere des zweiten Jahres, bieten zahlreiche Möglichkeiten fachliche und soziale Kompetenzen zu erwerben. Die Auswirkungen biologischer Forschungsprozesse auf eine globalisierte Gesellschaft liefern zahlreiche Ansatzpunkte, sowohl eigeninitiativ als auch im Team, eine kritische Diskussion zu führen und eigene Standpunkte zu vertreten.

In der rechten Spalte des Lehrplans finden sich neben Vorschlägen und Hinweisen auch die im Folgenden näher erläuterten ► Basiskonzepte, die die Lerninhalte der linken Spalte betreffen.

Basiskonzepte in der Biologie

(aus „Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung“ lt. Beschluss der KMK vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004)

Der Vielfalt biologischer Phänomene und Sachverhalte liegen Prinzipien zugrunde, die sich als Basiskonzepte beschreiben lassen. Sie ermöglichen einerseits Zugänge und Strukturierungen der Themenbereiche, die den Schülerinnen und Schülern helfen sollen, die Gegenstände der Biologie zu erfassen und einzuordnen. Andererseits dienen sie der Metareflexion der erworbenen Kenntnisse des Lebens. Im Folgenden sind die Basiskonzepte aufgelistet, die jeweils angeführten Beispiele illustrieren ihre Bedeutung auf unterschiedlichen Organisationsebenen. Alle Basiskonzepte beinhalten den Aspekt der Wechselwirkungen in verschiedenen Zusammenhängen.

Die aus der Sekundarstufe I bekannten Basiskonzepte „System“ und „Entwicklung“ können als übergreifende Basiskonzepte auch in der Kursphase Verwendung finden. Das Basiskonzept „System“ bietet sich vor allem bei unterschiedlichen Systemebenen (Organisationsebenen) an, das Basiskonzept „Entwicklung“ als Oberbegriff für Individualentwicklung (Ontogenese) und Stammesentwicklung (Phylogenese).

1. Struktur und Funktion

Lebewesen und Lebensvorgänge sind an Strukturen gebunden; es gibt einen Zusammenhang von Struktur und Funktion. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis des Baus von Biomolekülen, der Funktion der Enzyme, der Organe und der Ökosysteme.

2. Reproduktion

Lebewesen sind fähig zur Reproduktion; damit verbunden ist die Weitergabe von Erbinformationen. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der identischen Replikation der DNA, der Viren, der Mitose und der geschlechtlichen Fortpflanzung.

3. Kompartimentierung

Lebende Systeme zeigen abgegrenzte Reaktionsräume. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Zellorganellen, der Organe und der Biosphäre.

4. Steuerung und Regelung

Lebende Systeme halten bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht und reagieren auf Veränderungen.

Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Proteinbiosynthese, der hormonellen Regulation und der Populationsentwicklung.

5. Stoff- und Energieumwandlung

Lebewesen sind offene Systeme; sie sind gebunden an Stoff- und Energieumwandlungen.

Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Fotosynthese, der Ernährung und der Stoffkreisläufe.

6. Information und Kommunikation

Lebewesen nehmen Informationen auf, speichern und verarbeiten sie und kommunizieren.

Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Verschlüsselung von Information auf der Ebene der Makromoleküle, der Erregungsleitung, des Lernens und des Territorialverhaltens.

7. Variabilität und Anpasstheit

Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Anpasstheit wird durch Variabilität ermöglicht. Grundlage der Variabilität bei Lebewesen sind Mutation, Rekombination und Modifikation. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Sichelzellanämie, der ökologischen Nische und der Artbildung.

8. Geschichte und Verwandtschaft

Ähnlichkeit und Vielfalt von Lebewesen sind das Ergebnis stammesgeschichtlicher Entwicklungsprozesse. Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Entstehung des Lebens, homologer Organe und der Herkunft des Menschen.

Stoffverteilungsplan

G-Kurs, 1. Jahr der Hauptphase		4 Wochenstunden
verbindliche Inhalte	Stunden	
Stoffwechsel	20	
Ökologie	15	
Reizphysiologie	45	
fakultativ: Bau und Funktion des menschlichen Ohres, Übrige Nerven- und Sinnesphysiologie		

G-Kurs, 2. Jahr der Hauptphase		4 Wochenstunden
verbindliche Inhalte	Stunden	
Klassische Genetik III	12	
Molekulargenetik II	18	
fakultativ: Genregulation bei Bakterien, Dreipunktanalyse		
Molekularbiologie / Gentechnik	15	
fakultativ: Gentherapie von Krankheiten, Somatische Therapie, Reproduktionstechniken, AIDS-Medikamente		
Evolution	15	
fakultativ: historische Entwicklung des Evolutionsgedankens, Kreationismus, Paläontologie, Stammesgeschichte der Tiere, Stammesgeschichte der Pflanzen, kulturelle Evolution, Einflüsse des Menschen auf die Evolution		

Biologie G-Kurs		1. Jahr der Hauptphase	
Stoffwechsel		20 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<p>Wiederholung der Enzymatik aus Lehrplan Biologie, Einführungsphase</p> <p>Coenzyme</p> <ul style="list-style-type: none"> NAD⁺, NADP⁺ als Wasserstoffüberträger, Oxidation und Reduktion als Wasserstoff-/Elektronenaufnahme bzw. -abgabe ATP als Energieüberträger <p>Assimilation</p> <p>Fotosynthese</p> <ul style="list-style-type: none"> Reaktionsgleichung der Fotosynthese $6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 \xrightarrow{\text{Lichtenergie}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$ Bau des Laubblattes (Licht- und Schattenblatt) sowie des Chloroplasten Durchführung und Auswertung folgender Versuche zur Fotosynthese: <ul style="list-style-type: none"> Nachweis von Stärke in teilweise verdunkelten Blättern Sauerstoffbildung in Abhängigkeit von der Lichtintensität (Wasserpestversuch) Stärkenachweis in belichteten panaschiereten Blättern Beschreibung und Auswertung folgender Versuche zur Fotosynthese: <ul style="list-style-type: none"> Fotosyntheserate in Abhängigkeit von der Temperatur (bei Stark- und Schwachlicht) Fotosyntheserate in Abhängigkeit von der Lichtintensität unter besonderer Berücksichtigung des Lichtkompensationspunktes und des Lichtsättigungspunktes (Interpretation von Diagrammen einer Licht- und einer Schattenpflanze) Sauerstoffentwicklung in Abhängigkeit von der Kohlenstoffdioxidkonzentration (Interpretation eines entsprechenden Diagramms) Herstellung und Chromatografie eines Blattfarbstoffextraktes (Chlorophylle, Carotinoide) Interpretation des Absorptionsspektrums von Chlorophyll Vergleich von Absorptions- und Wirkungsspektrum, Bedeutung der Carotinoide 		<p>Eine kurze Wiederholung mit Übungs- und Hausaufgaben wird empfohlen</p> <ul style="list-style-type: none"> Vereinfachtes Beispiel: Übertragung von Wasserstoff aus der Umwandlung von Ethanol zu Ethanal durch NAD⁺ auf Luftsauerstoff unter Bildung von Wasser ▶ <i>Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung</i> ▶ <i>Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung</i> è Wiederholung aus Lehrplan Biologie, Einführungsphase: Bau und Funktion der Zelle ▶ <i>Basiskonzept Kompartimentierung</i> z.B. Extraktion mit Mörser, Quarzsand und Aceton; DC auf Silicagel mit Fließmittel aus Petroläther (Kp. 60°C), 2-Propanol und Wasser im Verhältnis 100:12: 0,5 	

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

- lichtabhängige Reaktionen
Wirkung der Lichtenergie, Elektronentransport, Fotolyse mit Reaktionsgleichung, Bildung von ATP und NADPH + H⁺
Chemiosmotische Theorie (Protonentransport, pH-Gradient, ATP-Synthase)
- lichtunabhängige Reaktionen
Bildung von energiereichen Kohlenhydraten aus CO₂ unter Verbrauch von ATP und NADPH + H⁺
- Unter Berücksichtigung der Fotolyse ergänzte Reaktionsgleichung der Fotosynthese

Chemosynthese

- Gewinnung chemischer Energie durch Oxidation anorganischer Stoffe
Nitritbakterien: Oxidation von Ammonium bzw. Ammoniak zu Nitrit (mit Reaktionsgleichung)
Nitratbakterien: Oxidation von Nitrit zu Nitrat (mit Reaktionsgleichung)
Nutzung der chemischen Energie zum Aufbau von Glucose, Vergleich mit der Fotosynthese
- Stickstoffkreislauf
atmosphärischer Stickstoff, Ammoniak, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Proteine, Harnstoff, Nitrifikation, Denitrifikation, Knöllchenbakterien, harnstoffabbauende Bakterien, nitrifizierende und denitrifizierende Bakterien, elektrische Entladungen, Verbrennungsprozesse

Dissimilation

- Bau des Mitochondriums
- Reaktionsgleichung für die Oxidation von Glucose:
 $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{Energie}$

Aerober Abbau von Glucose (Zellatmung) als enzymatisch katalysierter Prozess unter stufenweiser Oxidation und Energieabgabe (Vergleich mit Verbrennung)

- Glykolyse
Aktivierung der Glucose (Summen- und Strukturformel) durch Phosphorylierung und Umsetzung zu 2 mol Brenztraubensäure (Strukturformel) unter Bildung von 2 mol NADH + H⁺ und mol 2 ATP

- Grundzustand, angeregter Zustand
- Der Unterricht soll sich auf die Prinzipien der lichtabhängigen Reaktionen beschränken.
- Beschränkung auf die angegebenen Begriffe

@ LPM-Server

- Der Unterricht soll sich auf die Prinzipien der lichtunabhängigen Reaktionen beschränken.



@ LPM-Server

► *Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung*

- ökologische Bedeutung der chemosynthetisch aktiven Bakterien

► *Basiskonzept Kompartimentierung*

► *Basiskonzept Struktur und Funktion*

è Wiederholung aus Lehrplan Biologie, Einführungsphase: Bau und Funktion der Zelle

► *Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung*

- Chemische Details der einzelnen Schritte sind kein Unterrichtsgegenstand.

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

- Oxidative Decarboxylierung
Abspaltung von CO₂ unter Bildung von aktivierter Essigsäure und 2 mol NADH + H⁺ (Reaktionsgleichung mit Strukturformeln)
- Citronensäurezyklus (TCC)
Abbau der aktivierten Essigsäure unter Abspaltung von 2 mol CO₂, Bildung von 3 mol NADH + H⁺ und 1 mol FADH₂ und 1 mol ATP, Regeneration des Akzeptormoleküls
- Zuordnung der einzelnen Teilschritte zu den Reaktionsorten (Zellplasma/Mitochondrium)
- Atmungskette (AK) / Endoxidation
Transport von Wasserstoff / Elektronen durch Enzyme der AK wie NADH + H⁺ / FADH₂ / Cytochrome auf Sauerstoff; stufenweise Bereitstellung der Energie („kontrollierte Knallgasreaktion“) unter Bildung von Wasser, ATP und Wärme
Chemiosmotische Theorie
Entkopplung und Blockierung der AK
- Fließgleichgewicht
- Ermittlung einer Stoff- und Energiebilanz

Anaerober Abbau von Glucose (Gärungen) als enzymatisch katalysierter Prozess

- Alkoholische Gärung
Summengleichung, Abbau von Glucose durch Hefepilze (fakultative Anaerobier) mit Glykolyse und Decarboxylierung der Brenztraubensäure zu Ethanal, Reduktion von Ethanal zu Ethanol (mit Strukturformeln), Stoff- und Energiebilanz, Toxizität von Ethanol für Hefepilze
- Milchsäuregärung
Summengleichung, Abbau von Glucose durch Milchsäurebakterien (obligate Anaerobier), Glykolyse, Umwandlung von Brenztraubensäure in Milchsäure (mit Strukturformeln), Stoff- und Energiebilanz
- Vorkommen und Bedeutung der Gärungen: Hefepilze, Milchsäurebakterien, Muskulatur, Herstellung alkoholischer Getränke, Milchprodukte, Silage, Sauerkraut, Sauerteigbrot
- Vergleich von Zellatmung und Gärung: Energieausbeute, Sauerstoff, Produkte

- Tricarbonsäurezyklus
- Unterrichtsgegenstand ist nur das Prinzip des TCC, nicht aber Namen, Formeln und Umsetzungen der einzelnen Stoffe im TCC!
- Es bietet sich an, eine Zwischenbilanz (für den Abbau von einem Mol Glukose) von Glykolyse bis einschließlich Zitronensäurezyklus zu erstellen.
- Die Bezeichnungen der einzelnen Cytochrome sind kein Unterrichtsgegenstand.
- Entkopplung der Atmungskette durch DNP, Blockierung der Atmungskette durch Blausäure bzw. Cyanide
- vgl. Fotosynthese

Unter Fließgleichgewicht versteht man den stationären Zustand (steady state) eines offenen Systems (Zelle, Organismus), bei dem (über einen längeren Zeitraum) die Masse der aufgenommenen Stoffe annähernd gleich der Masse der abgegebenen Stoffe ist. Die Konzentrationen der Zwischenprodukte im System bleiben annähernd konstant (Normwerte).

► *Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung*

- Experimente zu Gärungsprozessen bieten sich an.

Ökosystem Fließgewässer

- Definition „Biosphäre“, „Atmosphäre“, „Ökosystem“, „Biotop“ und „Biozönose“
- Wechselwirkungen zwischen Organismen und unbelebter Materie sowie zwischen Organismen
 - abiotische Faktoren: Wasser, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoff, Licht, Strömung, Salzkonzentration, Sediment (Korngröße)
 - biotische Faktoren: Artgenossen (Konkurrenz), Pflanzenbewuchs, Nahrung, Fressfeinde, artfremde Tiere mit ähnlichen Ansprüchen
- Abhängigkeiten abiotischer Faktoren am Beispiel des Sauerstoffgehaltes des Wassers
- Abhängigkeiten biotischer Faktoren
 - intraspezifische Konkurrenz: Nahrung, Revier, Geschlechtspartner
 - interspezifische Konkurrenz: Nahrungskette, Nahrungsnetz, Räuber-Beute-Beziehung, Populationschwankungen, Volterra-Gesetze (mit Diagrammen) Ökologische Valenz (Potenz) stenök, euryök, Pessimungesetz (mit Diagramm)
- Ökologische Nische z.B. Nahrungsnische (zeitliche und räumliche Einnischung), Konkurrenzausschlussprinzip
- Anpassungsformen bei Lebewesen an die Umweltbedingungen
- Funktionale Gliederung eines Ökosystems: Produzenten, Konsumenten (Primär- und Sekundärkonsumenten), Destruenten (Saprovore, Mineralisierer)
- Exkursion mit Praktikum zur quantitativen Bestimmung leicht erfassbarer abiotischer Faktoren sowie einfache Bewertung der Gewässergüte anhand von Leitorganismen

► *Basiskonzept Kompartimentierung*

- è Wiederholung aus Lehrplan Biologie, Klassenstufe 8
- Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und den anderen Sphären der Erde
- Beispiel: Bachflohkrebs
- @ **LPM-Server**
- Sonneneinstrahlung, Wassertemperatur, Korngröße des Sediments, Strömungsgeschwindigkeit, Verwirbelung
- Anpassung an das Wasserangebot des Standortes bei Pflanzen: Aufbau von Wurzel, Spross und Blättern bei Hygrophyten, Hydrophyten, Tropicophyten und Xerophyten

Beispiele:

- O₂-Gehalt: Strudelwürmer und kleine Arten der Steinfliegenlarven mit Hautatmung; Eintagsfliegenlarven mit Blatt- oder Büschelkiemen; Tubifex und Chironomuslarven mit Hämoglobin, Rattenschwanzlarven mit Atemröhre
- Strömung: flache und runde Körperform bei Eintagsfliegenlarven
- Güteklasse I : Strudelwürmer, Steinfliegenlarven, „flache“ Eintagsfliegenlarven
- Güteklasse II : Bachflohkrebs, Eintagsfliegenlarven mit rundem Körperquerschnitt
- Güteklasse III : Wasserassel, Rollegel
- Güteklasse IV : Tubifex, Chironomus, Rattenschwanzlarve
- Die Bestimmungen des Saarländischen Naturschutzgesetzes sind zu beachten.

Biologie G-Kurs		1. Jahr der Hauptphase	
Ökologie		15 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang zwischen Assimilation und Dissimilation von Kohlenstoff: Stoff- und Energiebetrachtung anhand der Summgleichungen • Bedeutung der C-Assimilation: heterotrophe Ernährung, fossile und regenerative Energieträger • Stoffkreislauf: Kohlenstoffkreislauf • Energiefluss: Nahrungspyramide, Energiepyramide, Trophieebenen • Selbstregulation im Fließgewässer: Selbstreinigungskraft, Selbstreinigungsstrecke, biologisches Gleichgewicht • natürliche und anthropogene Belastungsfaktoren für ein Fließgewässer <ul style="list-style-type: none"> ○ organisches Material (z.B. Laubfall) ○ Abwassereinleitung (bei Überlastung von Kläranlagen, z.B. durch Starkregen, mit organischem Material, Phosphaten, Nitraten) ○ Düngereintrag (Nitrate) ○ Kühlwassereinleitung • Folgen ständiger anthropogener Belastung eines Fließgewässers <ul style="list-style-type: none"> ○ Eutrophierung, Vermehrung der Algen, Lichtmangel, O₂-Zehrung durch Abbau toter Algen (aerobe Bakterien), BSB, Faulschlamm Bildung (anaerobe Bakterien), Faulgase (CH₄, H₂S, NH₃), Umkippen, biologisch totes Gewässer • Maßnahmen zur Belastungsreduktion: Abwasserklärung in einer dreistufigen Kläranlage (mechanisch, biologisch, chemisch) 	<p>è Biologie, Einführungsphase: Bau und Funktion der Zelle</p> <p>► <i>Basiskonzept Steuerung und Regelung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aerobe Bakterien bauen organische Stoffe ab. • Beispiel: Ammonium-Ammoniak-Gleichgewicht in Abhängigkeit von pH-Wert und Temperatur: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ (freies Ammoniak als Fischgift) <ul style="list-style-type: none"> • Bei vielen Kläranlagen ist die 3. Stufe (z.B. die Denitrifikation) in die biologische Stufe integriert. • Der Besuch einer kommunalen Kläranlage wird empfohlen. 		

Neurobiologie

- Reiz
- Reizarten
optische, mechanische, chemische und thermische Reize
- Reiz - Reaktionskette (Reflexbogenmodell: Rezeptor, afferente/sensible Bahn, Schaltzentrum, efferente/motorische Bahn, Effektor)
- Bau eines markhaltigen Neurons
Dendrit, Zellkörper, Zellkern, Axonhügel, Axon (Neurit), Schwannsche Zelle, Myelinscheide, Ranvierscher Schnürring, Synapse
- Entstehung eines Membranpotenzials (modellhaft)
- Ionenvorgänge bei der Entstehung und Konstanzhaltung des Ruhepotenzials
- selektiv permeable Membran (Modell der selektiven Ionenkanäle)
- unterschiedliche Ionenkonzentrationen, innen: $c(K^+)$ hoch, $c(Na^+)$ niedrig, $c(A^-)$ hoch, $c(Cl^-)$ niedrig
außen: $c(Na^+)$ hoch, $c(K^+)$ niedrig, $c(A^-) \approx 0$, $c(Cl^-)$ hoch
- Permeabilität der Membran für K^+ und Na^+ , passiver und aktiver Transport (Modell der Kalium - Natrium - Pumpe), Aufrechterhaltung einer konstanten Spannung von -60 mV bis -90 mV
- Aktionspotenzial mit grafischer Darstellung, Änderung der Membranpermeabilität, Depolarisation, (Na^+ - Einstrom), spannungsgesteuerte Na^+ - bzw. K^+ - Kanäle, Schwellenwert, Spannungsumkehr, Spitzenwert ($+20$ mV bis $+30$ mV), Alles-oder-Nichts-Gesetz, Repolarisation, (K^+ - Ausstrom), Hyperpolarisation, Wiederherstellung des Ruhepotenzials, Refraktärzeit

@ LPM - Server

- adäquate Reize

- Der Begriff „Potenzial“ wird im Sinne von Potentialdifferenz bzw. Spannung verwendet. Es können auch die Begriffe Membranspannung, Ruhespannung, Generatorspannung und Aktionsspannung verwendet werden
- Versuch: Messung eines Konzentrationspotenzials:
U - Rohr mit Diaphragma, hoch - und niedrig konzentrierte NaCl - Lösung beiderseits des Diaphragmas, Spannungsmessung mit Platinelektroden und einem hochohmigen Voltmeter

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

- Weiterleitung des Aktionspotenzials an markloser und markhaltiger Nervenfasern, Modell der Strömchentheorie, kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung
- Bau der Synapse: synaptisches Bläschen, Vesikel, Neurotransmitter, Mitochondrien, präsynaptische Membran, (sub)synaptischer Spalt, postsynaptische Membran, Rezeptoren, Ionenkanäle
- chemische Erregungsübertragung an der Synapse durch Neurotransmitter (Acetylcholin): Eintreffen des Aktionspotenzials, Ca^{2+} - Einstrom, Transmitterausschüttung, Bindung der Transmitter an spezifische Rezeptoren, Veränderung der Permeabilität der postsynaptischen Membran, Öffnung chemisch gesteuerter Na^+ - Kanäle, Na^+ - Einstrom, Membranpotenzialänderung (Depolarisation), postsynaptisches Potenzial (PSP), Abbau des Acetylcholin zu Cholin und Essigsäure durch das Enzym Acetylcholinesterase und Resynthese des Transmitters
- Synapsengifte: Curare, E 605
- Kodierung der Reizintensität Amplitudenmodulation an Zellkörper und Dendriten (Rezeptorpotenzial, Generatorpotenzial), Frequenzmodulation am Axon
- Erregungsübertragung auf Muskelzellen durch motorische Endplatten (Endplattenpotenzial EPP), Folge: Muskelkontraktion

@ LPM - Server

► *Basiskonzept Information und Kommunikation*

► *Basiskonzept Struktur und Funktion*

@ LPM - Server

- weitere Neurotransmitter

- weitere Synapsengifte

Die Übertragung der Erregung entspricht dem Mechanismus an einer Synapse.

Bau und Funktion des menschlichen Auges

- menschliches Auge (Längsschnitt)
- Akkommodation und Adaptation (physikalisch)
- Bau der Netzhaut: Sehzellen, Schaltzellen, Ganglienzellen, Sehnerv
- Bau des Wirbeltierstäbchens
- Vorgänge in den Sehzellen: Ruhepotenzial, Dunkelpotenzial des Wirbeltierstäbchens (Ionenvorgänge), Lichtabsorption durch Rhodopsin, Zerfall des Rhodopsins, Abnahme der Natriumleitfähigkeit, Entstehung eines Rezeptorpotenzials durch Hyperpolarisation
- Verteilung von Stäbchen und Zapfen Schwarz - Weiß - Sehen, Farbsehen, 3-Komponententheorie des Farbsehens von Young und Helmholtz
- Weiterleitung des Rezeptorpotenzials, Entstehung von Aktionspotenzialen in der Ganglienschicht

Rückenmark und Reflexe

- Funktion des Rückenmarks Weiterleitung von Informationen und Reflexzentrum
- Bau des Rückenmarks Spinalnerv, Vorder- und Hinterwurzel, sensible Bahn (Spinalganglion), motorische Bahn, weiße Substanz mit auf- und absteigenden Bahnen, graue Substanz mit Inter- und Motoneuronen
- Reflexe Reiz-Reaktionsketten, Eigenreflex (Kniescheibensehnenreflex), Fremdreiflex (Wegziehreflex des Beines)

Vegetatives Nervensystem

- antagonistische Arbeitsweise
- Sympathikus (Grenzstrang): Förderung der Organe des Leistungsapparates, Hemmung der Verdauung
- Parasympathikus (z. B. Vagus): Hemmung der Organe des Leistungsapparates, Förderung der Verdauung

► *Basiskonzept Struktur und Funktion*
 è Biologie, Klassenstufe 9: Sinnesorgane

2 Physik, Klassenstufe 9,
 Optische Abbildungen und Farben

- Bedeutung von Vitamin A als Vorstufe des Retinals
- Nachtblindheit
- Signalketten
- laterale Inhibition

@ LPM – Server

- Gegenfarbentheorie von Hering
 è Lehrplan Biologie, Einführungsphase: heterosomale Erbgänge (Vererbung der Rot-Grün-Blindheit)

► *Basiskonzept Information und Kommunikation*

- Habituation

@ LPM – Server

- Stress

- unbedingte und bedingte Reflexe

- Steuerzentrum: Hypothalamus

@ LPM - Server

Bau und Funktion des menschlichen Ohres

- äußeres Ohr:
Aufnahme von Schallwellen
Ohrmuschel, Gehörgang,
- Mittelohr:
Übertragung von Schallschwingungen und Verstärkung des Schalls
Trommelfell, Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel), Eustachische Röhre, ovales Fenster, rundes Fenster
- Innenohr:
Dreh- und Lagesinn, Reiz - Erregungs - Transformation, knöchernes Labyrinth im Felsenbein, häutiges Labyrinth, oberes Bläschen mit drei Bogengängen und Ampullen, unteres Bläschen, Schnecke (Hörorgan), Vorhof-, Pauken-, Schneckengang, Reißner-sche Membran, Basilarmembran mit Corti-schem Organ (Haarsinneszellen, Deck-membran)
- Hörvorgang

Übrige Nerven- und Reizphysiologie

- optische Täuschungen
- zeitliches/räumliches Auflösungsvermögen
- primäre Sinneszelle, Sinnesnervenzellen, sekundäre Sinneszelle; phasische, tonische, phasisch-tonische Rezeptoren
- erregende und hemmende Synapsen, Reiz-summation
- Regelkreis Pupillenreflex
- Verletzungen und Erkrankungen des Rückenmarks
- Bau und Funktionen des Gehirns
- Vergleich der Gehirne verschiedener Wirbel-tierklassen

2 Physik, Klassenstufe 8: Schall

@ LPM - Server

- Schädigungen des Hörorganes z.B. durch Lärm

@ LPM - Server

Biologie G-Kurs		1./ 2. Jahr der Hauptphase	
Klassische Genetik III		12 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<p>Kurze Wiederholung der Klassischen Genetik und der Zellteilungsmechanismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • autosomal-dominante Erbgänge • autosomal-rezessive Erbgänge • heterosomal-dominante Erbgänge • heterosomal-rezessive Erbgänge • Folgen der Inaktivierung eines der beiden X-Chromosomen, Barr-Körperchen • Genkopplung, Entkopplung • Meiose: Folgen von geradzahligem / ungeradzahligem Crossover, Kopplungsbruch • Polygenie: Hautfarbe beim Menschen • Polyphänie: Marfan-Syndrom, Sichelzellanämie • Entwicklung von Erbschemata aus vorgegebenen Tatsachen bzw. Stammbäumen (Stammbaumanalyse) 		<p>è Lehrplan Biologie, Klassenstufe 9 und Einführungsphase</p> <p>► <i>Basiskonzept Reproduktion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. Chorea Huntington, Marfan-Syndrom • z.B. Kretinismus, PKU, Sichelzellanämie • z.B. Nystagmus, gelbbrauner Zahnschmelz • z.B. Rot-Grün-Sehschwäche, Hämophilie A • Heterozygotentest: PKU, Mucoviscidose <p>è Biologie, Einführungsphase mit weiterer Vertiefung</p> <p>@ LPM-Server</p> <p>è Biologie, Klassenstufe 9 und Einführungsphase mit weiterer Vertiefung</p>	
Biologie G-Kurs		2. Jahr der Hauptphase	
Molekulargenetik II		18 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<p>Bakterien- und Virengenetik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bau einer Prokaryontenzelle: Bakterienzellwand aus Murein, Mesosom, Bakterienchromosom, Plasmid, Ribosomen • Vergleich Procyte - Eucyte • Pneumokokken-Versuch von AVERY (USA, 1944): Transformation • Bakterien-Konjugation: Mangelkulturen, Resistenzstämme, Antibiotika, Stempeltechnik • Bau eines Virus (Phage T4): Kopf mit Proteinhülle und DNA, Schwanzstiel mit Stift und Mantel, Endplatte mit Stacheln und Schwanzfibern • lytischer Zyklus virulenter Phagen: Anheftung, enzymatische Auflösung der Zellwand, Injektion der DNA, Produktion von Phagen-DNA und Phagen-Proteinen, Selbstaufbau, Auflösung der Bakterienzellwand, Freisetzung der Phagen • lysogener Zyklus tempererter Phagen: Einbau der Phagen-DNA in das Bakteriengenom (Prophage), Vermehrung durch Spaltung des Bakteriums, möglicher Übergang zum lytischen Zyklus • Ablauf und Folgen der Transduktion 		<p>è Biologie, Einführungsphase: Wiederholung aus Bau und Funktion der Zelle</p> <ul style="list-style-type: none"> • F⁺ und Hfr-Faktoren brauchen nicht berücksichtigt zu werden. • Vergleich mit den Folgen eines Crossover <p>• Auf andere Virustypen betr. Bau und Nukleinsäure (z.B. HIV als Retrovirus) kann schon jetzt hingewiesen werden.</p> <p>► <i>Basiskonzept Reproduktion</i></p>	

Proteine und Nukleinsäuren

- Wiederholung aus Lehrplan Biologie, Einführungsphase
- Bau und Arten der RNA

Ein Vergleich mit der DNA bietet sich an.

Der Genetische Code

- DNA als Träger der genetischen Information: Vielfalt der DNA-Moleküle aufgrund unterschiedlicher Basensequenzen, identische Replikation
- Tripletts als kleinste Kodierungseinheit
- Start-, Stopp-Tripletts
- Mehrfachkodierung (degenerierter Code)
- Universalität des genetischen Codes

► *Basiskonzept Information und Kommunikation*

- Beispiele für die Einschränkung der Universalität können erwähnt werden.

Die Proteinbiosynthese

- Transkription: Lese- u. Syntheserichtung, codogener Strang, nicht codogener Strang, Codogen, Codon, Intron und Exon bei Eukaryonten, Reifung der m-RNA, Spleißen
- Translation: t-RNA, Anticodon, Polysom, Leserichtung
- Verknüpfung der Aminosäuren durch die Peptidbindung (mit Strukturformeln)

Ein-Gen-ein-Polypeptid-Hypothese

- Codierung der Aminosäuresequenzen von Polypeptiden bzw. Proteinen (Enzyme, Strukturproteine) durch Strukturgene
- Entstehung eines Merkmals durch enzymatische Steuerung von Stoffwechselfvorgängen
- Genwirkkette
- Ausfall von Enzymen beim Phenylalaninstoffwechsel (mit Krankheiten)

► *Basiskonzept Variabilität und Anpasstheit*
 è Biologie, Einführungsphase: Teilweise Wiederholung aus dem Thema „Erbkrankheiten beim Menschen“

Bedeutung der Proteine

- Proteom, Proteomik
- Strukturproteine, Enzyme, (Proteo-) Hormone (mit Beispielen, z.B. Insulin)
- Ständige Proteinsynthese und Proteolyse (Abbau von Proteinen) mit Beispielen (Verdauungsenzyme)

- Proteomik (engl. proteomics) bezeichnet die Erforschung des Proteoms, das ist die Gesamtheit aller Proteine in einem Organismus, einem Gewebe, einer Zelle oder einem Zellkompartiment (zu einem bestimmten Zeitpunkt und unter bestimmten Bedingungen).

Mutationen

- Definitionen Mutation, Wildtyp, Mutante
- Mutationsrate
- Mutagene: Strahlung (UV-, Röntgen- und radioaktive Strahlung), Temperatur, Chemikalien (z.B. Jod, Stickstoffoxide, Colchizin)

- Auf die mögliche krebsauslösende Wirkung von Mutagenen soll hingewiesen werden.

Biologie G-Kurs		2. Jahr der Hauptphase	
Molekulargenetik II		18 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Genmutationen molekulargenetische Ursachen einer Genmutation: Wegfall von Basen bzw. eines Triplets, Hinzukommen u. Austausch von Basen, chemische Veränderung von Basen, Sichelzellanämie (Austausch einer Aminosäure in der β-Kette des Hämoglobin) • Chromosomenmutationen Deletion, Translokation • Genommutationen Non-disjunction in der Meiose, Entstehung und Krankheitsbilder von Trisomie 21 (Down-Syndrom), Ullrich-Turner-Syndrom, Klinefelter-Syndrom Polyploidie bei Pflanzen: größerer Wuchs, höherer Ertrag, Anpassung an Klima <p>Modifikationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition Modifikation • fließende Modifikation, Variationskurve umschlagende Modifikation: Russenkaninchen, Chinesische Primel <p>HIV / AIDS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komponenten des Immunsystems und deren Funktionen B-Lymphozyten: Antigen-Antikörper-Reaktion, Plasmazellen, B-Gedächtniszellen T-Lymphocyten: T-Helferzellen, T-Killerzellen, T-Suppressorzellen, T-Gedächtniszellen • Aufbau des HIV • Ablauf einer Infektion mit dem HIV • Phasen der AIDS-Erkrankung • Maßnahmen zum Infektionsschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • Malariaresistenz, Wdh. Polyphänie • Weitere Chromosomenmutationen: Inversion, Duplikation; Positionseffekt, Vervielfachung von Genen • Monosomie, Trisomie, Triploidie, Tetraploidie, Polyploidie <i>John Langdon Down</i> (GB, 1828 – 1896) <i>Otto Ullrich</i> (D, 1894 – 1957) <i>Henry Turner</i> (USA, 1892 – 1970) <i>Harry Fitch Klinefelter</i> (USA, *1912) <p>@ LPM-Server</p> <p>è Wiederholung aus Lehrplan Biologie, Klassenstufe 8: Immunsystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Rundschreiben des Ministers für Bildung Kultur und Wissenschaft betr. Maßnahmen zur AIDS-Prävention (z.B. vom 12.11.1987) sind zu beachten • Informationsmaterial: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung, Köln, www.bzga.de Ministerium für Justiz, Gesundheit und Soziales, Saarbrücken Gesundheitsämter der Landkreise AIDS-Hilfe Saar e.V., Saarbrücken, www.aidshilfesaar.de 		
Fakultative Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • Aufstellen einer Chromosomenkarte durch Dreipunktanalyse mit Genabstandsbe- rechnung (Thomas Hunt MORGAN, USA, 1911) • Mucoviscidose (Cystische Fibrose) • Genregulation bei Bakterien Modell von Jacob und Monod (F, 1961) 	<ul style="list-style-type: none"> • Austauschhäufigkeit (MORGAN-Einheit ME): Der Austauschhäufigkeit von % wird in der neueren Literatur die Einheit centi-Morgan (= 1 Austauscheinheit) zugewiesen. • Regulatorgene, Operon (Promotor, Operator, Strukturgene, Repressor) Substratinduktion und Endproduktrepression 		

Biologie G-Kurs		2. Jahr der Hauptphase
Molekularbiologie/Gentechnik		15 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise	
<p>Wichtige molekularbiologische Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> Extraktion von DNA aus pflanzlichen oder tierischen Zellen (Schüler- oder Demonstrationsexperiment) Schneiden von DNA mit Restriktionsenzymen, Schnittstelle, Erkennungssequenz (Schüler- oder Demonstrationsexperiment) Trennung von DNA-Fragmenten oder von Proteinen durch Gelelektrophorese (Schüler- oder Demonstrationsexperiment) Blotting-Technik Autoradiographie Polymerase-Ketten-Reaktion: Primer, Denaturierung der Matrizen-DNA, Hybridisierung, Polymerisation, DNA-Polymerasen, Amplifikation <p>Anwendungen molekularbiologischer Methoden</p> <ul style="list-style-type: none"> Früherkennung von Erbkrankheiten durch Gendiagnose: Restriktionsanalyse: z.B. Sichelzellanämie (Punktmutation im β-Globin-Gen) Huntington's Chorea (CAG-Repeats) Gensondenverfahren genetisches Fingerprinting (PCR-Verfahren, Vaterschaftsgutachten, Forensik) <p>Methoden der Gentechnik am Beispiel des Gentransfers Mensch \rightarrow E. coli</p> <ul style="list-style-type: none"> Definition Gentechnik Enzym-Werkzeuge: versetzt schneidende Restriktionsenzyme (Endonukleasen), klebrige Enden, DNA-Ligase Plasmidisolierung/Vektor Gewinnung der Passagier-DNA (ein Verfahren nach Wahl) Rekombination, Hybridplasmid, Markergene (Antibiotikaresistenzgene), Transformation, Selektion, Stempeltechnik 	<p>► <i>Basiskonzept Information und Kommunikation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Einsatz des Blue-Genes-Koffers (Ausleihe beim LPM, Referat Biologie) Schülerpraktika mit molekularbiologischen Experimenten werden von verschiedenen Fachrichtungen der Universität des Saarlandes angeboten. (Nähere Informationen beim LPM, Referat Biologie) Taq-Polymerase <p>@ LPM-Server</p> <p>è Biologie, G-Kurs (2. Jahr): Klassische Genetik III und Molekulargenetik II</p> <ul style="list-style-type: none"> Ein Vergleich mit klassischen Züchtungsverfahren bietet sich an. Passagier-DNA ist gleichbedeutend mit transgener DNA-Sequenz. 	

Biologie G-Kurs		2. Jahr der Hauptphase	
Molekularbiologie / Gentechnik		15 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<p>Gentechnische Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> transgene Nutzpflanzen Bt-Mais (<i>Bacillus thuringiensis</i>) „Antimatsch“-Tomate (Antisense-Technik) transgene Nutztiere Erkennen und Vermeiden von Tierkrankheiten, Produktionssteigerung Lebensmittelherstellung <p>Humangenomprojekt</p> <ul style="list-style-type: none"> Ergebnisse des Humangenomprojektes: Sequenzierung des menschlichen Erbgutes <p>Gentherapie beim Menschen</p> <ul style="list-style-type: none"> Ziel: Therapie von Krankheiten Strategien der Gentherapie: <ul style="list-style-type: none"> Substitution eines defekten Gens Einsatz von Genen zur Produktion therapeutischer Proteine <p>Gentechnik in der Diskussion</p> <ul style="list-style-type: none"> Vorteile im medizinischen und wirtschaftlichen Bereich (billigere und wirksamere Medikamente, leistungsfähigere Organismen) ethische Probleme bei der planmäßigen Schaffung transgener Lebewesen bzw. bei gezielten Eingriffen in das Erbgut von Pflanzen, Tieren und vor allem des Menschen mögliche Gefahren durch unkontrollierbare Entwicklungen bei der Freisetzung genmanipulierter Lebewesen in die Natur, z.B. Kontaminierung benachbarter Felder durch Austrag von Pollen (Insekten, Wind) unterschiedliche Gesetzgebung in verschiedenen Staaten und wirtschaftliche Folgen Problematik der Kennzeichnungspflicht von Lebensmitteln, die gentechnisch hergestellte Stoffen enthalten 		<p>Weitere mögliche Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> Totalherbizidresistenz, Salzresistenz beim Reis, Pilzresistenz bei Kartoffeln transgene Lachse Käseherstellung mit Chymosin Kettenabbruchverfahren nach Sanger Historische Entwicklung des HUGP Beispiel: Mukoviszidose è Methoden der Gentechnik am Beispiel des Gentransfers Mensch → <i>E. coli</i>: Produktion von Insulin Fachleute (Mediziner, Juristen, Theologen) können hinzugezogen werden <p>2 Religion, Ethik</p> <ul style="list-style-type: none"> Novel-Food-Verordnung der EU: Kennzeichnungspflicht gentechnisch veränderter Pflanzen (April 2004) 	

- Gentherapie von Krankheiten

Weitere Strategien der Gentherapie:
Vektoren (Viren, Liposomen),

- Somatische Therapie (in vivo, in vitro), Keimbahntherapie (Stammzellen)
- Geschichte der Gentechnik
- Vergleich verschiedener Reproduktionstechniken mit der Gentechnik
- Klonierungsverfahren
- Organisation des Abwehrsystems
- Organe und Zellen des Immunsystems
- Komplementsystem
- Organtransplantationen
- Immunisierung
- Krebs und Immunsystem
- AIDS-Medikamente

- Beispiel: Hautkrebs
Körpereigene Lymphozyten (T-Zellen), die normalerweise körperfremde Zellen erkennen und vernichten, werden aus dem Blut entnommen. Sie werden gentechnisch so verändert, dass sie einen Rezeptor entwickeln, um das Protein MART-1 auf Melanom-Zellen zu erkennen. Damit können sie sich an die Tumorzellen andocken und diese vernichten.
- Behandlung monogener Erbkrankheiten durch Ausschaltung dauerhaft integrierter viraler Gene (HIV)
Embryonenschutzgesetz (1991)

@ LPM-Server

è Lehrplan Biologie, Klassenstufe 8: Infektionskrankheiten

- Nukleotidanaloge-Reverse-Transkriptase-Hemmer (NRTI) z. B. Azidothymidin (AZT)
Nicht-nukleotidanaloge-Reverse-Transkriptase-Hemmer (NNRTI)
Protease-Hemmer
Fusions-Hemmer

@ LPM-Server

Beweise für die Evolution

- Homologiekriterium der Lage (mit Beispielen)
- Abgrenzung zur Analogie (mit Beispiel)
- Methoden zur Ermittlung der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft
 - DNA-Hybridisierung
 - Vergleich der Primärstruktur von Proteinen verschiedener Organismen (Cytochromstammbaum)

Evolutionstheorien

- Theorie Lamarcks
- Theorie Darwins

Synthetische Evolutionstheorie

- genetische Variabilität: Mutation, Rekombination, Gentransfer
- Selektion: stabilisierende Selektion, transformierende Selektion, Präadaption, Mimikry, Co-Evolution
- Isolation: geographische Isolation, ökologische Isolation, genetische Isolation
- Gendrift

- ▶ *Basiskonzept Geschichte und Verwandtschaft*
- z.B. Wirbeltiervorderextremität
- z.B. Vorderflügel: Vogel - Insekt
Grabbein: Maulwurf - Maulwurfsgrille
Pflanze: Stachel – Dorn

- Beide Theorien sind vergleichend und wertend zu betrachten.

@ LPM-Server

è Biologie, G-Kurs (2. Jahr): Wiederholung der Genetik

- ▶ *Basiskonzept Variabilität und Anpasstheit*

- Artbildung als Folge von Isolation

Biologie G-Kurs		2. Jahr der Hauptphase	
Evolution		15 Stunden	
Verbindliche Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
Evolution des Menschen <ul style="list-style-type: none"> • Primatenmerkmale • Sonderstellung des Menschen • Vergleich von Wirbelsäule, Hand, Fuß, Schädel und Gebiss bei Mensch und Menschenaffe • Stammbaum des Menschen: <ul style="list-style-type: none"> - Propliopithecus - Dryopithecinen - Australopithecinen (A. afarensis, A. africanus, A. robustus) - Homo habilis - Homo erectus (Javamensch, Pekingmensch, Heidelbergmensch) - Homo sapiens (Steinheimer, Neandertaler) - Homo sapiens sapiens (Cro-Magnon-Mensch) • Vergleich von Schädelform, Schädelvolumen und Werkzeugen • zeitliche Einordnung 		<p>@ LPM-Server</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herkunft und Verbreitung der Menschen verschiedener ethnischer Zugehörigkeit. • Hinweis: Der Begriff „Rasse“ ist in diesem Zusammenhang fachlich nicht korrekt. 	
Fakultative Inhalte		Vorschläge und Hinweise	
<ul style="list-style-type: none"> • historische Entwicklung des Evolutionsgedankens • Übersicht über die Erdzeitalter • Kreationismus / Intelligent Design • Paläontologie • Stammesgeschichte der Tiere • Stammesgeschichte der Pflanzen • kulturelle Evolution • Einflüsse des Menschen auf die Evolution 		<ul style="list-style-type: none"> • Linné, Cuvier, Lyell, Wallace 	