

Das mathematisch-naturwissenschaftliche Aufgabenfeld

Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundkenntnisse sind für das Verständnis und für eine zukunftsverträgliche Gestaltung unserer Lebenswelt von entscheidender Bedeutung. Dies gilt um so mehr in einer Gesellschaft, in der zukunftsorientierte Technologien eine rasante Entwicklung nehmen und von den Menschen unter ökologischen, ökonomischen, ethischen und moralischen Gesichtspunkten beurteilt werden müssen. Ein in diesem Sinne verantwortungsbewusster Umgang mit unserer Lebenswelt kann nur in einer Zusammenarbeit aller Gesellschaftsmitglieder erzielt werden, die auf einer kritischen Auseinandersetzung mit eigenen Handlungsweisen, untereinander und mit den Sachthemen basiert. Weitere Voraussetzungen dafür sind ein uneigennütziges Interesse am Fortbestand naturerhaltender, biologischer Gleichgewichte, eine respektvolle Haltung gegenüber Menschen, Tieren und Pflanzen sowie das Bewusstmachen von Grenzen menschlicher Erkenntnis.

1. Der Unterricht im Fach Biologie

1.1 Übergeordnete Zielsetzung für den Unterricht im Fach Biologie

Die Themen und Inhalte des Biologieunterrichts am Abendgymnasium und am Kolleg berücksichtigen die Vorgaben für das Zentralabitur in NRW. Auf der Grundlage dieser Vorgaben und die Überlegungen zu dem mathematischen-naturwissenschaftlichen Aufgabenfeld, werden folgende übergeordnete Ziele im Biologieunterricht verfolgt.

Die Studierenden sollen:

- durch Behandlung der verschiedenen Unterrichtsdisziplinen (vgl. 2.) ein umfassendes biologisches Grundlagenwissen erwerben und durch unterschiedliche Zugangsweisen an modellhafte Betrachtungen, welche das abstrakte Denkvermögen und eine kreative Vorgehensweise ermöglichen, herangeführt werden.
- durch einen gezielten Einsatz von Experimenten im Unterricht Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung exemplarisch kennen lernen und dadurch problemlösende Denk- und Lernstrategien für ein lebenslanges Lernen entwickeln.
- durch die erworbenen Sach- und Methodenkenntnisse über die Grundphänomene lebender Systeme, ihr Zusammenspiel und ihre Bedeutung für gegenwärtige und zukünftige Lebenssituationen die Handlungsbereitschaft und Handlungskompetenz für den Natur- und Umweltschutz bzw. für die Auseinandersetzung mit ethischen Fragen erwerben.
- durch Arbeiten im Team eigenverantwortlich Aufgaben übernehmen, gemeinsame Lösungswege finden, sich über ihre Vorgehensweise verständigen und dadurch wichtige kommunikative und soziale Kompetenzen erlangen.
- eine angemessene Fachsprache, welche die sprachliche Ausdrucksfähigkeit schult, kennen lernen.

Dies alles soll die Studierenden zur Studierfähigkeit führen und darüber hinaus gleichzeitig Einblicke in die Berufswelt ermöglichen.

1.2 Themen und verbindliche Inhalte im Fach Biologie

Einführungsphase 1. Semester: Inhaltsfeld 1: Biologie der Zelle

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Kein Leben ohne Zelle I – *Wie sind Zellen aufgebaut und organisiert?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF3 Systematisierung, E6 Modelle, K1 Dokumentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Zellaufbau

Zeitbedarf: ca. 6 DStd. à 90 Minuten

Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Kein Leben ohne Zelle II – *Welche Bedeutung haben Zellkern und Nukleinsäuren für das Leben?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF4 Vernetzung, E1 Probleme und Fragestellungen, K4 Argumentation, B1 Kriterien, B4 Möglichkeiten und Grenzen, E6 Modelle, E7 Arbeits- und Denkweisen,

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Funktion des Zellkerns ♦ Zellverdopplung und DNA

Zeitbedarf: ca. 7 DStd. à 90 Minuten

Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Erforschung der Biomembran – *Welche Bedeutung haben technischer Fortschritt und Modelle für die Forschung?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF2 Auswahl, E3 Hypothesen, E7 Arbeits- und Denkweisen, K1 Dokumentation, K2 Recherche, K3 Präsentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Biomembranen

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
Einführung	Kennzeichen des Lebendigen Definition Zelle <u>Fakultativ:</u> Fünf Reiche/ Systematik der Lebewesen	Wachstum, Bewegung, Stoffwechsel, Reizbarkeit, Fortpflanzung kleinste Einheit mit allen Kennzeichen des Lebendigen Prokaryoten, Eukaryoten: kernhaltige Einzeller, Pilze, Tiere, Pflanzen	beschreiben den Aufbau pro- und eukaryotischer Zellen und stellen die Unterschiede heraus (UF3).
Vergleich von tierischen und pflanzlichen Zellen	Grundlagen des Mikroskopierens, Bau und Funktionsweise des Lichtmikroskops	Okular, Tubus, Revolver, Objektive, Stativ, Objektisch, Kondensator, Grob-/ Feintrieb, Objektträger, Deckgläschen	
	pflanzliche Zellen: Zwiebelepidermis, Wasserpest Bestandteile der pflanzlichen Zellen	Zellkern, Zellwand, Chloroplasten, Vakuole, Zellplasma, Zellmembran	beschreiben den Aufbau pro- und eukaryotischer Zellen und stellen die Unterschiede heraus (UF3).
	tierische Zellen: Mundschleimhautzelle	Zellmembran, Zellkern, Zellplasma	
	EM-Bild der Zelle	Zellorganellen: ER, Ribosomen, Mitochondrien, Golgi-Apparat (aufgebaut aus Dictyosomen)	beschreiben den Aufbau pro- und eukaryotischer Zellen und stellen die Unterschiede heraus (UF3).
Transportprozesse an Biomembranen	Aufbau der Biomembran	fluid-mosaic-modell (NICOLSON und SINGER) Kohlenhydrate, Fette (Lipide), Eiweiße (Proteine)	
	Bau- und Inhaltsstoffe	Kohlenhydrate, Fette (Lipide), Eiweiße (Proteine)	ordnen die biologisch bedeutsamen Makromoleküle (Kohlenhydrate, Lipide, Proteine, Nucleinsäuren) den verschiedenen zellulären Strukturen und Funktionen zu und erläutern sie bezüglich ihrer wesentlichen chemi-

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
			schen Eigenschaften (UF1, UF3).
	Diffusion und Osmose	Konzentrationsunterschied, BROWN'sche Molekularbewegung (Teilchenbewegung), selektiv permeabel (semipermeabel)	beschreiben die Vorgänge der Diffusion und Osmose und erklären diese mit Modellvorstellungen auf Teilchenebene (E4, E6, K1, K4). recherchieren Beispiele der Osmose und Osmoregulation in unterschiedlichen Quellen und dokumentieren die Ergebnisse in einer eigenständigen Zusammenfassung (K1, K2).
	<u>Fakultativ</u> : Plasmolyse, Deplasmolyse	<u>Fakultativ</u> : hypertonisch, hypotonisch, isotonisch, Turgor, physiologische Lösung	<u>Fakultativ</u> : führen mikroskopische Untersuchungen zur Plasmolyse hypothesengeleitet durch und interpretieren die beobachteten Vorgänge (E2, E3, E5, K1, K4).
	aktiver, passiver Transport	Kanalprotein, Carrierprotein, ATP als Träger von Energie	beschreiben Transportvorgänge durch Membranen für verschiedene Stoffe mithilfe geeigneter Modelle und geben die Grenzen dieser Modelle an (E6).
Zelle als metabolisches System (Kompartimentierung)	<u>Fakultativ</u> : Funktion der Zellorganellen (als Vergleich mit dem Produktionsablauf in einer Fabrik)	<u>Fakultativ</u> : Proteinbiosynthese (Ribosomen); Bereitstellung von ATP (Mitochondrien); Auf- und Umbau, Transport von Inhaltsstoffen (Golgi-Apparat, ER); Photosynthese (Chloroplasten)	<u>Fakultativ</u> : beschreiben Aufbau und Funktion der Zellorganellen und erläutern die Bedeutung der Zellkompartimentierung für die Bildung unterschiedlicher Reaktionsräume innerhalb einer Zelle (UF3, UF1).
Zelle als reproduktives System	Zellkern	Träger der Erbsubstanz (Zellkern), Acetabularia,	benennen Fragestellungen historischer Versuche zur Funktion des Zellkerns und stellen Versuchsdurchführungen und Erkenntniszuwachs dar (E1, E5, E7).
	DNA	Adenin, Cytosin, Guanin, Thymin, Phosphat, Desoxyribose, Doppelhelix	erklären den Aufbau der DNA mithilfe eines Strukturmodells (E6, UF1).
		Verdopplung (Replikation) der DNA	beschreiben den semikonservativen Mechanismus der DNA-Replikation (UF1, UF4).
	Mitose und Zellzyklus	Interphase, Pro-, Meta-, Ana-, Telophase, Chromosomen, Zellzyklus, Kontrollpunkte	begründen die biologische Bedeutung der Mitose auf der Basis der Zelltheorie (UF1, UF4).

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
	Stammzellen	Krallenfrosch (Xenopus), Stammzellen, totpotent, pluripotent	werten Klonierungsexperimente (Kerntransfer bei Xenopus) aus und leiten ihre Bedeutung für die Stammzellforschung ab (E5).
	Zellkulturen vs. Tierversuche	Zellkulturen, Tierversuch	zeigen Möglichkeiten und Grenzen der Zellkulturtechnik in der Biotechnologie und Biomedizin auf (B4, K4).

Einführungsphase 2. Semester: Inhaltsfeld 2: Energiestoffwechsel

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Enzyme im Alltag – *Welche Rolle spielen Enzyme in unserem Leben?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E2 Wahrnehmung und Messung, E4 Untersuchungen und Experimente, E5 Auswertung, UF3 Systematisierung, B2 Entscheidungen, B3 Werte und Normen,

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Enzyme ♦ Dissimilation

Zeitbedarf: ca. 14 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
Bau und Funktion von Enzymen	Enzyme sind Biokatalysatoren	Enzym, Substrat, Produkt, Aktivierungsenergie, aktives Zentrum, Enzym-Substrat-Komplex, Bedingungen der Enzymreaktion	erläutern Struktur und Funktion von Enzymen und ihre Bedeutung als Biokatalysatoren bei Stoffwechselreaktionen (UF1, UF3, UF4), stellen Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren auf, überprüfen sie anhand vorgegebener Versuchsergebnisse und stellen sie graphisch dar (E3, E2, E4, E5, K1, K4).
	Verlauf enzymatischer Reaktionen Enzymaktivität und Enzymhemmung	RGT-Regel, Enzymaktivität; Substratkonzentration kompetitive Hemmung, nichtkompetitive Hemmung, allosterische Hemmstoff, reversible und irreversible Hemmung	beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E5), beschreiben und erklären mithilfe geeigneter Modelle Enzymaktivität und Enzymhemmung (E6).
		Enzyme im Alltag	recherchieren selbstständig Informationen zu verschiedenen Einsatzgebieten von Enzymen und präsentieren und bewerten vergleichend die Ergebnisse

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
			(K2, K3, K4), geben Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz von Enzymen in biologisch-technischen Zusammenhängen an und wägen die Bedeutung für unser heutiges Leben ab (B4).
Stoffwechsel und Energieumsatz	Von der äußern Atmung zur Zellatmung: Mitochondrien	Äußere und innere Membran, Intermembranraum, Matrix, Energieumwandlung, ATP, NAD ⁺ , Atmungskette, Protonengradient, Protonenpumpe, ATP-Synthase	erläutern die Bedeutung von NAD ⁺ und ATP für aerobe und anaerobe Dissimilationsvorgänge (UF1, UF4), beschreiben und präsentieren die ATP-Synthese im Mitochondrium mithilfe vereinfachter Schemata (UF2, K3).
	Aerobe und anaerobe Dissimilationsvorgänge	Glucose + Sauerstoff → Wasser + Sauerstoff + Energie, aerob, Cytoplasma, Zitronensäurezyklus, aerob und anaerob	erklären die Grundzüge der Dissimilation unter dem Aspekt der Energieumwandlung mithilfe einfacher Schemata (UF3), präsentieren eine Tracermethode bei der Dissimilation adressatengerecht (K3), <u>Fakultativ</u> : erklären mithilfe einer graphischen Darstellung die zentrale Bedeutung des Zitronensäurezyklus im Zellstoffwechsel (E6, UF4)
	<u>Fakultativ</u> : Gärung	<u>Fakultativ</u> : Milchsäuregärung	<u>Fakultativ</u> : überprüfen Hypothesen zur Abhängigkeit der Gärung von verschiedenen Faktoren (E3, E2, E1, E4, E5, K1, K4).

Qualifikationsphase: Inhaltsfeld Genetik

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Grundkurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Humangenetische Beratung – *Wie können genetisch bedingte Krankheiten diagnostiziert und therapiert werden und welche ethischen Konflikte treten dabei auf?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E5 Auswertung, K2 Recherche, B3 Werte und Normen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Meiose und Rekombination ♦ Analyse von Familienstammbäumen ♦ Bioethik

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Modellvorstellung der Proteinbiosynthese – *Wie entstehen aus Genen Merkmale und welche Einflüsse haben Veränderungen der genetischen Strukturen auf einen Organismus?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF3 Systematisierung, UF4 Vernetzung, E6 Modelle

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Proteinbiosynthese ♦ Genregulation

Zeitbedarf: ca. 9 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: *Angewandte Genetik – Welche Chancen und welche Risiken bestehen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: K2 Recherche, K3 Präsentation, B1 Kriterien, B4 Möglichkeiten und Grenzen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Gentechnologie ♦ Bioethik

Zeitbedarf: ca. 5 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Humangenetische Beratung – *Wie können genetisch bedingte Krankheiten diagnostiziert und therapiert werden und welche ethischen Konflikte treten dabei auf?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF4 Vernetzung, E5 Auswertung, K2 Recherche, B3 Werte und Normen, B4 Möglichkeiten und Grenzen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Meiose und Rekombination ♦ Analyse von Familienstammbäumen ♦ Bioethik

Zeitbedarf: ca. 12 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Erforschung der Proteinbiosynthese – *Wie entstehen aus Genen Merkmale und welche Einflüsse haben Veränderungen der genetischen und epigenetischen Strukturen auf einen Organismus?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E1 Probleme und Fragestellungen, E3 Hypothesen, E5 Auswertung, E6 Modelle, E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Proteinbiosynthese ♦ Genregulation

Zeitbedarf: ca. 15 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Gentechnologie heute – *Welche Chancen und welche Risiken bestehen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: K2 Recherche, K3 Präsentation, B1 Kriterien, B4 Möglichkeiten und Grenzen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Gentechnologie ♦ Bioethik

Zeitbedarf: ca. 10 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
Klassische Genetik	MENDEL'sche Regeln 1 - 3	dominant-rezessiver Erbgang Phänotyp, Genotyp, Gen, Allel, heterozygot, homozygot, monohybrider, dihybrider Erbgang, intermediärer Erbgang Rückkreuzung	<i>Nur LK: reflektieren und erläutern den Wandel des Genbegriffes (E7).</i>

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
Molekulare Grundlagen der Vererbung	DNA als Erbsubstanz	Molekularer Bau der DNA (Nucleinsäuren, Basen, Nucleotide, Desoxyribose, Doppelhelix, Watson-Crick-Modell, Chargaff-Regel)	
Molekulargenetik	Proteinbiosynthese	Ein Gen ein Polypeptid-Hypothese, m-RNA/prä-m-RNA, Transkription, codogener DNA-Strang, nicht-codogener DNA-Strang, Genetischer Code (Codesonne), Anticodon, Codon, t-RNA, Translation Wobble-Hypothese, Ableserichtung, Syntheserichtung der RNA-Polymerase, Intron, Exon, Spleißen (Unterschiede zu Prokaryoten)	vergleichen die molekularen Abläufe in der Proteinbiosynthese bei Pro- und Eukaryoten (UF1, UF3). erläutern Eigenschaften des genetischen Codes und charakterisieren mit dessen Hilfe Genmutationen (UF1, UF2). <i>Nur LK: benennen Fragestellungen und stellen Hypothesen zur Entschlüsselung des genetischen Codes auf und erläutern klassische Experimente zur Entwicklung der Code-Sonne (E1, E3, E4).</i> <i>Nur LK: erläutern wissenschaftliche Experimente zur Aufklärung der Proteinbiosynthese, generieren Hypothesen auf der Grundlage der Versuchspläne und interpretieren die Versuchsergebnisse (E3, E4, E5).</i>
	Mutationen	Punktmutation, Insertion, Deletion, Inversion; Stumme Mutation, Missense-Mutation, Nonsense-Mutation, Rastermutation; Genwirkkette	erklären die Auswirkungen verschiedener Gen-, Chromosom- und Genommutationen auf den Phänotyp (u.a. unter Berücksichtigung von Genwirkketten) (UF1, UF4).
	Regulation der Genaktivität am Beispiel der Prokaryoten	lac-Operon, trp-Operon, Regulatorgen, Repressor, Promotor, Operator, Strukturgene, Substratinduktion, Endproduktrepression,	erläutern und entwickeln Modellvorstellungen auf der Grundlage von Experimenten zur Aufklärung der Genregulation bei Prokaryoten (E2, E5, E6).
	Genregulation bei Eukaryoten	Transkriptionsfaktor (Enhancer, Silencer), Proto-Onkogen, Tumor-Suppressorgen, Protein p53, Protein Ras	<i>Nur GK fakultativ (Aber: Vorgaben 2020), LK verpflichtend: erklären mithilfe eines Modells</i> die Wechselwirkung von Proto-Onkogenen und Tumor-Suppressorgen auf die Regulation des Zellzyklus und erklären die Folgen von Mutationen in diesen Genen (E6, UF1,

UntertHEMA	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
			UF3, UF4) auf der Grundlage von p53 und Ras (Vorgaben 2019).
		Epigenetik, RNA-Interferenz (Vorgaben 2020)	<u>Nur GK:</u> erklären einen epigenetischen Mechanismus als Modell zur Regelung des Zellstoffwechsels (E6).
		<u>Nur LK:</u> DNA-Methylierung (Vorgaben 2019, 2020, 2021); Transkriptionsfaktor (Enhancer, Silencer), Zelldifferenzierung; RNA-Interferenz (Vorgaben 2019, 2020); <u>Fakultativ:</u> Methylierung und Acetylierung von Histonen,	<u>Nur LK:</u> erläutern epigenetische Modelle zur Regelung des Zellstoffwechsels und leiten Konsequenzen für den Organismus ab (E6). <u>Nur LK:</u> erklären mithilfe von Modellen genregulatorische Vorgänge bei Eukaryoten (E6). <u>Nur LK:</u> erläutern die Bedeutung der Transkriptionsfaktoren für die Regulation von Zellstoffwechsel und Entwicklung (UF1, UF4).
Werkzeuge und Verfahrenstechnik der Gentechnik	PCR	Restriktionsenzyme (Vorgaben GK 2021), Vektoren (Vorgaben GK 2021), Primer, Taq-Polymerase, Denaturieren, Hybridisieren, transgener Organismus, <u>nur LK:</u> synthetischer Organismus	beschreiben molekulargenetische Werkzeuge und erläutern deren Bedeutung für gentechnische Grundoperationen (UF1). begründen die Verwendung bestimmter Modellorganismen (u. a. <i>E. coli</i>) für besondere Fragestellungen genetischer Forschung (E6, E3). erläutern molekulargenetische Verfahren (u.a. PCR, Gelelektrophorese) und ihre Einsatzgebiete (E4, E2, UF1). stellen mithilfe geeigneter Medien die Herstellung transgener Lebewesen dar und diskutieren ihre Verwendung (K1, B3). <u>Nur GK, Lk verpflichtend:</u> recherchieren Unterschiede zwischen embryonalen und adulten Stammzellen und präsentieren diese unter Verwendung geeigneter Darstellungsformen (K2, K3). <u>Nur GK fakultativ, Lk verpflichtend:</u> stellen naturwissenschaftlich-gesellschaftliche Positionen zum therapeutischen Einsatz von Stammzellen dar und beurteilen Interessen sowie Folgen ethisch (B3, B4).
	Genetischer Fingerab-	Loci, VNTR, Gelelektrophorese,	<u>Nur GK:</u> geben die Bedeutung von DNA-Chips an und

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
	druck	Laufriktion, Vaterschaftstest, DNA-Chip, <i>nur LK: Hochdurchsatz-Sequenzierung</i>	beurteilen Chancen und Risiken (B1, B3) <i>Nur LK: geben die Bedeutung von DNA-Chips und Hochdurchsatz-Sequenzierung an und bewerten Chancen und Risiken (B1, B3).</i> <i>Nur LK: beschreiben aktuelle Entwicklungen in der Biotechnologie bis hin zum Aufbau von synthetischen Organismen in ihren Konsequenzen für unterschiedliche Einsatzziele und bewerten sie (B3, B4).</i>
Aspekte der Cytogenetik mit human-biologischem Bezug	Aufbau von Chromosomen	Verpackung der DNA: Histone; Centromer, Schwesterchromatiden, Karyogramm, diploid, haploid, Geschlechtschromosomen	
	Meiose, Crossing over und Rekombination	Chromosomentheorie der Vererbung, 1./2. Reifeteilung, Pro-, Meta-, Ana-, Telophase; Chromosomenmutation, Trisomie 21; <i>ur LK: Crossing over, inter- und intrachromosomalen Rekombination</i>	<i>Nur GK: erläutern die Grundprinzipien der Rekombination (Reduktion und Neukombination der Chromosomen) bei Meiose und Befruchtung (UF4).</i> <i>Nur LK: erläutern die Grundprinzipien der inter- und intrachromosomalen Rekombination (Reduktion und Neukombination der Chromosomen) bei Meiose und Befruchtung (UF4).</i>

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
	Stammbaumanalyse und Erbgänge in der humangenetischen Beratung	Autosomal-dominant, Autosomal-rezessiv, Gonosomal-rezessiv, Gonosomal-dominant	<p><i>Nur GK: formulieren bei der Stammbaumanalyse Hypothesen zu X-chromosomalen und autosomalen Vererbungsmodi genetisch bedingter Merkmale und begründen die Hypothesen mit vorhandenen Daten auf der Grundlage der Meiose (E1, E3, E5, UF4, K4).</i></p> <p><i>Nur LK: formulieren bei der Stammbaumanalyse Hypothesen zum Vererbungsmodus genetisch bedingter Merkmale (X-chromosomal, autosomal, Zweifaktorenanalyse; Kopplung, Crossing-over) und begründen die Hypothesen mit vorhandenen Daten auf der Grundlage der Meiose (E1, E3, E5, UF4, K4).</i></p> <p><i>Nur LK: recherchieren Informationen zu humangenetischen Fragestellungen (u.a. genetisch bedingten Krankheiten), schätzen die Relevanz und Zuverlässigkeit der Informationen ein und fassen die Ergebnisse strukturiert zusammen (K2, K1, K3, K4).</i></p>

Die grau hinterlegten Kompetenzerwartungen sind nicht für eine zentrale Überprüfung (Anforderungsbereich I) geeignet.

Qualifikationsphase: Inhaltsfeld Ökologie

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Grundkurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Autökologische Untersuchungen – *Welchen Einfluss haben abiotische Faktoren auf das Vorkommen von Arten?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E1 Probleme und Fragestellungen, E2 Wahrnehmung und Messung; E3 Hypothesen; E4 Untersuchungen und Experimente, E5 Auswertung; E7 Arbeits- und Denkweisen,

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Umweltfaktoren und ökologische Potenz

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Synökologie I – *Welchen Einfluss haben inter- und intraspezifische Beziehungen auf Populationen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E6 Modelle, K4 Argumentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Dynamik von Populationen

Zeitbedarf: ca. 6 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Synökologie II – *Welchen Einfluss hat der Mensch auf globale Stoffkreisläufe und Energieflüsse?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: B2 Entscheidungen, B3 Werte und Normen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Stoffkreislauf und Energiefluss

Zeitbedarf: ca. 4 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben VII:

Thema/Kontext: Zyklische und sukzessive Veränderung von Ökosystemen – *Welchen Einfluss hat der Mensch auf die Dynamik von Ökosystemen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E5 Auswertung, B2 Entscheidungen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Mensch und Ökosysteme

Zeitbedarf: ca. 5 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Autökologische Untersuchungen – *Welchen Einfluss haben abiotische Faktoren auf das Vorkommen von Arten?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E1 Probleme und Fragestellungen, E2 Wahrnehmung und Messung, E3 Hypothesen, E4 Untersuchungen und Experimente, E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Umweltfaktoren und ökologische Potenz

Zeitbedarf: ca. 7 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Synökologie I – *Welchen Einfluss haben inter- und intraspezifische Beziehungen auf Populationen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, E5 Auswertung, E6 Modelle,

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Dynamik von Populationen

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Synökologie II – *Welchen Einfluss hat der Mensch auf globale Stoffkreisläufe und Energieflüsse?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF4 Vernetzung, E6 Modelle, B2 Entscheidungen, B4 Möglichkeiten und Grenzen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Stoffkreislauf und Energiefluss

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben IV:

Thema/Kontext: Erforschung der Fotosynthese – *Wie entsteht aus Lichtenergie eine für alle Lebewesen nutzbare Form der Energie?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E1 Probleme und Fragestellungen, E2 Wahrnehmung und Messung, E3 Hypothesen, E4 Untersuchungen und Experimente, E5 Auswertung, E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Fotosynthese

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben V:

Thema/Kontext: Zyklische und sukzessive Veränderung von Ökosystemen – *Welchen Einfluss hat der Mensch auf die Dynamik von Ökosystemen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF2 Auswahl, K4 Argumentation, B2 Entscheidungen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Mensch und Ökosysteme

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden ...
Einführung	Operatoren		
	Basisbegriffe	Ökologie, Biotop, Ökologische Nische, Organismen, Population, Kompartiment, Biozönose, Ökosystem, Biosphäre	
	Gliederung eines Ökosystems	Produzent, Konsument, Destruent, Biomassenproduktion	
Wechselwirkungen zwischen Organismen und Umwelt (abiotische Faktoren)	Gegenüberstellung abiotischer und biotischer Umweltfaktoren Toleranzbereich, physiologisches und ökologisches Optimum	Stenök, Euryök, Optimum, Maximum, Minimum, Präferendum, Reaktionsnorm physiologische und ökologische Potenz/ Optimum	zeigen den Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Bioindikatoren und der Intensität abiotischer Faktoren in einem beliebigen Ökosystem auf (UF3, UF4, E4).

	Fotosynthese	Chloroplast, Thylakoide, Thylakoidmembran, Stroma; Chlorophyll, Wasser + Kohlenstoffdioxid + Lichtenergie → Glucose + Sauerstoff; Licht- und Dunkelreaktion, ATP-Synthese, CALVIN-Zyklus	<p>Nur GK fakultativ, LK verpflichtend: erläutern den Zusammenhang zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion und ordnen die Reaktionen den unterschiedlichen Kompartimenten des Chloroplasten zu (UF1, UF3).</p> <p>Nur LK: leiten aus Forschungsexperimenten zur Aufklärung der Fotosynthese zu Grunde liegende Fragestellungen und Hypothesen ab (E1, E3, UF2, UF4). Nur LK: erläutern mithilfe einfacher Schemata das Grundprinzip der Energieumwandlung in den Fotosystemen und den Mechanismus der ATP-Synthese (K3, UF1).</p>
	Wirkung von abiotischen Umweltfaktoren (Temperatur, Wasser, Licht) auf Pflanzen und Tiere	<p>Minimumfaktor, Wirkungsgefüge der Umweltfaktoren</p> <p>poikilotherm, homoiotherm, Überwinterungsstrategien, tiergeographische Regeln: ALLEN'sche Regel, und BERGMANN'sche Regel</p>	<p>Nur GK fakultativ, LK verpflichtend: analysieren Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren (E5). erläutern die Aussagekraft von biologischen Regeln (u.a. tiergeographische Regeln) und grenzen diese von naturwissenschaftlichen Gesetzen ab (E7, K4).</p>
Wechselbeziehungen zwischen Organismen	Parasitismus, Symbiose; Konkurrenz	Parasitismus, Symbiose; Interspezifische und intraspezifische Konkurrenz; Konkurrenzausschluss und Konkurrenzvermeidung	leiten aus Untersuchungsdaten zu intra- und interspezifischen Beziehungen (Parasitismus, Symbiose, Konkurrenz) mögliche Folgen für die jeweiligen Arten ab und präsentieren diese unter Verwendung angemessener Medien (E5, K3, UF1).
Verflechtungen in Lebensgemeinschaften	Biomassenproduktion, Nahrungsnetz und Energiefluss	<p>Trophieebenen, Produzent, Konsument, Destruent, Energiefluss</p> <p><u>Fakultativ:</u> See im Jahresverlauf; Sommer- und Winterstagnation, Frühjahrs- und Herbstzirkulation</p>	stellen energetische und stoffliche Beziehungen verschiedener Organismen unter den Aspekten von Nahrungskette, Nahrungsnetz und Trophieebene formal, sprachlich und fachlich korrekt dar (K1, K3). entwickeln aus zeitlich-rhythmischen Änderungen des Lebensraums biologische Fragestellungen und erklären diese auf der Grundlage von Daten (E1, E5).

	Stoffkreisläufe	Biogeochemischer Kreislauf am Beispiel des Stickstoffkreislauf (Vorgaben für den GK 2020 und LK 2020) bzw. Kohlenstoffkreislaufs (Vorgaben LK 2021)	<i>Nur GK: präsentieren und erklären auf der Grundlage von Untersuchungsdaten die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf einen ausgewählten globalen Stoffkreislauf (K1, K3, UF1).</i> <i>Nur LK: präsentieren und erklären auf der Grundlage von Untersuchungsdaten die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf ausgewählte globale Stoffkreisläufe (K1, K3, UF1).</i>
Ökologische Nische	Einnischung von Organismen	Ökologische Nische, ökologische Planstelle; Koexistenz	erklären mithilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten (E6, UF1, UF2).
Populationsökologie	Wachstum von Populationen	Exponentielles und logistisches Wachstum, Populationsdichte, Wachstumsrate, Umweltwiderstand, Kapazitätsgrenze, dichteabhängige und dichteunabhängige Faktoren	beschreiben die Dynamik von Populationen in Abhängigkeit von dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren (UF1).
	Räuber-Beute-Beziehung	LOTKA-VOLTERRA-Regeln 1 - 3	untersuchen die Veränderungen von Populationen mit Hilfe von Simulationen auf der Grundlage des Lotka-Volterra-Modells (E6). <i>Nur LK: vergleichen das Lotka-Volterra-Modell mit veröffentlichten Daten aus Freilandmessungen und diskutieren die Grenzen des Modells (E6).</i>
	Fortpflanzungsstrategien	r- und K-Strategen	leiten aus Daten zu abiotischen und biotischen Faktoren Zusammenhänge im Hinblick auf zyklische und sukzessive Veränderungen (Abundanz und Dispersion von Arten) sowie K- und r-Lebenszyklusstrategien ab (E5, UF1, UF2, UF3, UF4).
Nachhaltige Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen – Mensch und Ökosysteme	Veränderung und Regulation der Populationsdichte (z. B. Steuerung durch den Menschen am Beispiel Schädlingsbekämpfung)	Ökologisches Gleichgewicht, biologische Invasion von Arten, Neobiota (Vorgaben 2021), Neozoen, Neophyten (Vorgaben GK 2020), <i>Neozoen, Neophyten, Neomyceten (Vorgaben LK 2020)</i> , Schädlingsbekämpfung;	recherchieren Beispiele für die biologische Invasion von Arten und leiten Folgen für das Ökosystem ab (K2, K4). diskutieren Konflikte zwischen der Nutzung natürlicher Ressourcen und dem Naturschutz (B2, B3). entwickeln Handlungsoptionen für das eigene Konsumverhalten und schätzen diese unter dem Aspekt

		ökologischer Fußabdruck	der Nachhaltigkeit ein (B2, B3).
<i>Nur LK: Freilanduntersuchung</i>	<i>Nur LK: Freilanduntersuchung</i>	<i>Nur LK: Freilanduntersuchungen z. B. Gewässeranalyse</i>	<i>Nur LK: untersuchen das Vorkommen, die Abundanz und die Dispersion von Lebewesen eines Ökosystems im Freiland (E1, E2, E4). Nur LK: planen ausgehend von Hypothesen Experimente zur Überprüfung der ökologischen Potenz nach dem Prinzip der Variablenkontrolle und deuten die Ergebnisse (E2, E3, E4, E5, K4).</i>

Die grau hinterlegten Kompetenzerwartungen sind nicht für eine zentrale Überprüfung (Anforderungsbereich I) geeignet.

Qualifikationsphase: Inhaltsfeld Evolution

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Grundkurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Evolution in Aktion – *Welche Faktoren beeinflussen den evolutiven Wandel?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF3 Systematisierung, K4 Argumentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Grundlagen evolutiver Veränderung ♦ Art und Artbildung ♦ Stammbäume (Teil 1)

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: *Evolution von Sozialstrukturen – Welche Faktoren beeinflussen die Evolution des Sozialverhaltens?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF2 Auswahl, UF4 Vernetzung

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Evolution und Verhalten

Zeitbedarf: ca. 4 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: *Humanevolution – Wie entstand der heutige Mensch?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF3 Systematisierung, K4 Argumentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Evolution des Menschen ♦ Stammbäume (Teil 2)

Zeitbedarf: ca. 4 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Evolution in Aktion – *Welche Faktoren beeinflussen den evolutiven Wandel?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF3 Systematisierung, K4 Argumentation, E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Grundlagen evolutiver Veränderung ♦ Art und Artbildung ♦ Entwicklung der Evolutionstheorie
Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Von der Gruppen- zur Multilevel-Selektion – *Welche Faktoren beeinflussen die Evolution des Sozialverhaltens?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF2 Auswahl, K4 Argumentation, E7 Arbeits- und Denkweisen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Evolution und Verhalten

Zeitbedarf: ca. 7 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Spuren der Evolution – *Wie kann man Evolution sichtbar machen?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E2 Wahrnehmung und Messung, E3 Hypothesen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Art und Artbildung ♦ Stammbäume

Zeitbedarf: ca. 3 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben IV:

Thema/Kontext: Humanevolution – *Wie entstand der heutige Mensch?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF3 Systematisierung, E5 Auswertung, K4 Argumentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Evolution des Menschen

Zeitbedarf: ca. 7 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
Spurensuche – Indizien für die	Fossilien, Paläontologie, Entstehung von	Fossilien, Leitfossilien, Brückentiere, Übergangsformen, lebende	stellen Belege für die Evolution aus verschiedenen Bereichen der Biologie (u.a. Molekularbiologie) adressa-

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
Evolution	Fossilien, Überblick über die Erdzeitalter und Kontinentalverschiebung	Fossilien, <u>Fakultativ</u> : Erdzeitalter, Kontinentalverschiebung: Pangaea, Gondwana, Laurasia	tengerecht dar (K1, K3).
Hinweise aus der vergleichenden Anatomie und Morphologie	Homologie und Divergenz, Analogie und Konvergenz	Homologie der Wirbeltiergliedmaßen, Divergenz und Homologie, Homologiekriterien (Kriterium der Lage, der spezifischen Qualität und Verknüpfung der Zwischenformen); Analogie und Konvergenz, (<u>fakultativ</u> : rudimentäre Organe und Atavismen beim Menschen)	deuten Daten zu anatomisch-morphologischen und molekularen Merkmalen von Organismen zum Beleg konvergenter und divergenter Entwicklungen (E5, UF3). entwickeln und erläutern Hypothesen zu phylogenetischen Stammbäumen auf der Basis von Daten zu anatomisch-morphologischen und molekularen Homologien (E3, E5, K1, K4).
Hinweise aus der Molekularbiologie	Anwendung der Techniken zur Erstellung eines Stammbaums: DNA-Vergleich Aminosäuresequenzanalyse	PCR, DNA-Sequenzierung, Gelelektrophorese (Wiederholung) Gendatenbanken	<u>Nur GK fakultativ, LK verpflichtend</u> : belegen an Beispielen den aktuellen evolutionären Wandel von Organismen (u.a. mithilfe von Auszügen aus Gendatenbanken) (E2, E5). <u>Nur LK</u> : beschreiben und erläutern molekulare Verfahren zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen (UF1, UF4).
Synthetische Evolutionstheorie	<u>Nur LK</u> : Historische Evolutionstheorien	<u>Nur LK</u> : Gegenüberstellung von LAMARCK und DARWIN	<u>Nur LK</u> : stellen Erklärungsmodelle für die Evolution in ihrer historischen Entwicklung und die damit verbundenen Veränderungen des Weltbildes dar (E7).
	Evolutionenstfaktoren	Mutation und Rekombination, Genpool, Population, Gen, Allel, binäre Nomenklatur; <u>nur LK</u> : Biodiversität, nc-DNA, mt-DNA	beschreiben die Einordnung von Lebewesen mithilfe der Systematik und der binären Nomenklatur (UF1, UF4). <u>Nur LK</u> : erklären mithilfe molekulargenetischer Modellvorstellungen zur Evolution der Genome die genetische Vielfalt der Lebewesen (K4, E6). <u>Nur LK</u> : beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Vielfalt der Ökosysteme) (UF4, UF1, UF2, UF3).
		Selektion (gerichtete, disruptive,	erläutern den Einfluss der Evolutionenstfaktoren (Mutati-

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
		stabilisierende), biologische Fitness; Koevolution; Isolation (ökologische, geografische, ethologische, sexuelle), Separation, Gendrift, Migration, adaptive Radiation, Mutation, Rekombination, Selektion, Gendrift	on, Rekombination, Selektion, Gendrift) auf den Genpool einer Population (UF4, UF1). stellen den Vorgang der adaptiven Radiation unter dem Aspekt der Anpasstheit dar (UF2, UF4). wählen angemessene Medien zur Darstellung von Beispielen zur Coevolution (<i>Nur GK: aus Zoologie und Botanik</i>) aus und präsentieren die Beispiele (K3, UF2).
	Synthetische Evolutionstheorie		stellen die synthetische Evolutionstheorie zusammenfassend dar (UF2, UF4). <i>Nur LK: grenzen die Synthetische Theorie der Evolution gegenüber nicht naturwissenschaftlichen Positionen zur Entstehung von Artenvielfalt ab und nehmen zu diesen begründet Stellung (B2, K4).</i>
		<i>Nur LK: Hardy-Weinberg-Gesetz</i>	<i>Nur LK: bestimmen und modellieren mithilfe des Hardy-Weinberg-Gesetzes die Allelfrequenzen in Populationen und geben Bedingungen für die Gültigkeit des Gesetzes an (E6).</i>
	Artbildung	Art, Rasse	bewerten die Problematik des Rasse-Begriffs beim Menschen aus historischer und gesellschaftlicher Sicht und nehmen zum Missbrauch dieses Begriffs aus fachlicher Perspektive Stellung (B1, B3, K4).
	Anwendung der synthetischen Evolutionstheorie	Allopatrische und sympatrische Artbildung, Isolationsmechanismen, Separation (Präzisierung), zum Beispiel DARWIN-Finken	<i>Nur GK: erklären Modellvorstellungen zu allopatrischen und sympatrischen Artbildungsprozessen an Beispielen (E6, UF1).</i> <i>Nur LK: erklären Modellvorstellungen zu Artbildungsprozessen (u. a. allopatrische und sympatrische Artbildung) an Beispielen (E6, UF1).</i>
Human-evolution	Ablauf der Evolution Wirbeltierstammbaum Stammbaum der Pri-	Aufstellen eines Stammbaums Aufrechter Gang, Skelett-Vergleich, Phylogenese	ordnen den modernen Menschen kriteriengeleitet den Primaten zu (UF3). erstellen und analysieren Stammbäume anhand von

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
	maten		Daten zur Ermittlung von Verwandtschaftsbeziehungen von Arten (E3, E5).
	Stammbaum der Hominiden	<p>Einstieg Tabellarische Übersicht der Hominiden (Werkzeuggebrauch, Schädel etc.) Vertiefung Schädelvergleich Homo sapiens, Homo neanderthalensis und Homo erectus – Anwendungen</p> <p><i>Nur LK: Datierungsmethoden</i></p>	<p>diskutieren wissenschaftliche Befunde (u.a. Schlüsselmerkmale) und Hypothesen zur Humanevolution unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit kritisch-konstruktiv (K4, E7, B4). <i>Nur LK: entwickeln und erläutern Hypothesen zu phylogenetischen Stammbäumen auf der Basis von Daten zu anatomisch-morphologischen und molekularen Homologien (E3, E5, K1, K4).</i> <i>Nur GK: analysieren</i> molekulargenetische Daten und deuten sie im Hinblick auf die Verbreitung von Allelen und Verwandtschaftsbeziehungen von Lebewesen (E5, E6). <i>Nur LK: analysieren molekulargenetische Daten und deuten sie mit Daten aus klassischen Datierungsmethoden im Hinblick auf die Verbreitung von Allelen und Verwandtschaftsbeziehungen von Lebewesen (E5, E6).</i></p>
Verhalten, Fitness, Anpassung	Fortpflanzungsstrategien	intra- und intersexuelle Selektion, Paarungssysteme	<i>Nur GK fakultativ, LK verpflichtend: analysieren</i> anhand von Daten die evolutionäre Entwicklung von Sozialstrukturen (Paarungssysteme, Habitatwahl) unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (E5, UF2, UF4, K4).
	Verwandtenselektion	altruistisches Verhalten, Gruppenselektion, Verwandtenselektion; biologische Fitness; staatenbildende Insekten;	erläutern das Konzept der Fitness und seine Bedeutung für den Prozess der Evolution unter dem Aspekt der Weitergabe von Allelen (UF1, UF4)

Die grau hinterlegten Kompetenzerwartungen sind nicht für eine zentrale Überprüfung (Anforderungsbereich I) geeignet.

Qualifikationsphase: Inhaltsfeld Neurobiologie

Mögliche Unterrichtsvorhaben:

Grundkurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Molekulare und zellbiologische Grundlagen der Informationsverarbeitung und Wahrnehmung – *Wie wird aus einer durch einen Reiz ausgelösten Erregung eine Wahrnehmung?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF2 Auswahl, E6 Modelle, K3 Präsentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Aufbau und Funktion von Neuronen
♦ Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung

Zeitbedarf: ca. 10 DStd. à 90 Minuten

Grundkurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: *Lernen und Gedächtnis – Wie muss ich mich verhalten, um Abiturstoff am besten zu lernen und zu behalten?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: K1 Dokumentation, UF4 Vernetzung

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Plastizität und Lernen

Zeitbedarf: ca. 4 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben I:

Thema/Kontext: Molekulare und zellbiologische Grundlagen der neuronalen Informationsverarbeitung – *Wie ist das Nervensystem des Menschen aufgebaut und wie ist organisiert?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: UF1 Wiedergabe, UF2 Auswahl, E1 Probleme und Fragestellungen, E2 Wahrnehmung und Messung, E5 Auswertung, E6 Modelle

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Aufbau und Funktion von Neuronen
♦ Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung (Teil 1)
♦ Methoden der Neurobiologie (Teil 1)

Zeitbedarf: ca. 12 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben II:

Thema/Kontext: Fototransduktion – *Wie entsteht aus der Erregung einfallender Lichtreize ein Sinneseindruck im Gehirn?*

Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung: E6 Modelle, K3 Präsentation

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Leistungen der Netzhaut
♦ Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung (Teil 2)

Zeitbedarf: ca. 4 DStd. à 90 Minuten

Leistungskurs Unterrichtsvorhaben III:

Thema/Kontext: Aspekte der Hirnforschung – *Welche Faktoren beeinflussen unser Gehirn?*

Kompetenzen: UF4 Vernetzung, K2 Recherche, K3 Präsentation, B4 Möglichkeiten und Grenzen

Inhaltliche Schwerpunkte: ♦ Plastizität und Lernen ♦ Methoden der Neurobiologie (Teil 2)

Zeitbedarf: ca. 8 DStd. à 90 Minuten

Obligatorische unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
Wirkung von Nervengiften	Aufbau und Funktion von Neuronen	Neuron, Membran, Ionenkanal, Natrium-Kalium-Pumpe, Synapse, Axon, Myelinscheide, Potentiale, Synapse, Neurotransmitter	beschreiben Aufbau und Funktion des Neurons (UF1). vergleichen die Weiterleitung des Aktionspotentials an myelinisierten (<i>Nur LK: und nicht myelinisierten</i>) Axonen miteinander und (<i>nur LK: stellen diese unter dem Aspekt der Leitungsgeschwindigkeit in einen funktionellen Zusammenhang</i>) (UF2, UF3, UF4). erläutern die Verschaltung von Neuronen bei der Erregungsweiterleitung und der Verrechnung von Potentialen mit der Funktion der Synapsen auf molekularer Ebene (UF1, UF3). erklären Ableitungen von Potentialen mittels Messelektroden an Axon und Synapse und werten Messergebnisse unter Zuordnung der molekularen Vorgänge an Biomembranen aus (E5, E2, UF1, UF2).

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
			<p><u>Nur LK: leiten</u> aus Messdaten der Patch-Clamp-Technik Veränderungen von Ionenströmen durch Ionenkanäle ab und entwickeln dazu Modellvorstellungen (E5, E6, K4).</p> <p>dokumentieren und präsentieren die Wirkung von endo- und exogenen Stoffen auf Vorgänge am Axon, der Synapse und auf Gehirnareale an konkreten Beispielen (K1, K3, UF2).</p>
	Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung	Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Amplituden- und Frequenzmodulation, erregende und hemmende Synapse, second messenger	stellen den Vorgang von der durch einen Reiz ausgelösten Erregung von Sinneszellen bis zur Entstehung des Sinneseindrucks bzw. der Wahrnehmung im Gehirn unter Verwendung fachspezifischer Darstellungsformen in Grundzügen dar (K1, K3).
<u>Nur LK: Auge</u>	<u>Nur LK: Leistungen der Netzhaut</u>	<u>Nur LK: Netzhaut, Fototransduktion, Farbwahrnehmung, Kontrastwahrnehmung, Reaktionskaskade</u>	<p><u>Nur LK: erläutern</u> den Aufbau und die Funktion der Netzhaut unter den Aspekten der Farb- und Kontrastwahrnehmung (UF3, UF4).</p> <p><u>Nur LK: stellen</u> die Veränderung der Membranspannung an Lichtsinneszellen anhand von Modellen dar und beschreiben die Bedeutung des second messengers und der Reaktionskaskade bei der Fototransduktion (E6, E1).</p>
Plastizität und Lernen	Gehirn	Gehirn (Bau und Funktion), Gedächtnis zeitliche und funktionale Gedächtnismodelle (nach MARKOWITSCH), neuronale Plastizität, bildgebende Verfahren (PET und fMRT) (Vorgaben GK 2020: PET)	<p><u>Nur LK: stellen</u> Möglichkeiten und Grenzen bildgebender Verfahren zur Anatomie und zur Funktion des Gehirns (PET und fMRT) gegenüber und bringen diese mit der Erforschung von Gehirnabläufen in Verbindung (UF4, UF1, B4).</p> <p><u>Nur LK: erklären</u> den Begriff der Plastizität anhand geeigneter Modelle und leiten die Bedeutung für ein lebenslanges Lernen ab (E6, UF4).</p>

Unterthema	Fachinhalte	Leitbegriffe	Kompetenzen: Die Studierenden...
			<p><i>Nur GK: erklären die Bedeutung der Plastizität des Gehirns für ein lebenslanges Lernen (UF4).</i></p> <p><i>Nur GK: stellen das Prinzip der Signaltransduktion an einem Rezeptor anhand von Modellen dar (E6, UF1, UF2, UF4).</i></p> <p><i>Nur GK: ermitteln mithilfe von Aufnahmen eines bildgebenden Verfahrens (Vorgaben 2019: fMRT) Aktivitäten verschiedener Gehirnareale (E5, UF4).</i></p> <p>stellen aktuelle Modellvorstellungen zum Gedächtnis auf anatomisch-physiologischer Ebene dar (K3, B1).</p>
	Gehirnerkrankungen	Demenz und Alzheimer als Beispiel für degenerative Erkrankungen, degenerative Erscheinungen bei der Alzheimer-Krankheit	recherchieren und präsentieren aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zu einer degenerativen Erkrankung (K2, K3).
	Wirkung von exogenen Substanzen <i>Nur LK: Neuroenhancer</i>	Neuroenhancer als Medikament gegen Alzheimer und Demenz <i>Fakultativ: Medikamente gegen ADHS</i>	<p><i>Nur LK: leiten Wirkungen von endo- und exogenen Substanzen (u.a. von Neuroenhancern) auf die Gesundheit ab und bewerten mögliche Folgen für Individuum und Gesellschaft (B3, B4, B2, UF2, UF4).</i></p> <p><i>Nur GK: erklären Wirkungen von exogenen Substanzen auf den Körper und bewerten mögliche Folgen für Individuum und Gesellschaft (B3, B4, B2, UF4).</i></p>
Hormone	Sympathicus, Parasympathicus	Blutzuckerregulation, Sympathicus, Parasympathicus, Insulin	erklären die Rolle von Sympathikus und Parasympathikus bei der neuronalen und hormonellen Regelung von physiologischen Funktionen an Beispielen (UF4, E6, UF2, UF1).

Die grau hinterlegten Kompetenzerwartungen sind nicht für eine zentrale Überprüfung (Anforderungsbereich I) geeignet.

Übergeordnete Kompetenzen

Umgang mit Fachwissen	Studierende können ...
UF1 Wiedergabe	ausgewählte biologische Phänomene und Konzepte beschreiben.
UF2 Auswahl	biologische Konzepte zur Lösung von Problemen in eingegrenzten Bereichen auswählen und dabei Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden.
UF3 Systematisierung	die Einordnung biologischer Sachverhalte und Erkenntnisse in gegebene fachliche Strukturen begründen.
UF4 Vernetzung	bestehendes Wissen aufgrund neuer biologischer Erfahrungen und Erkenntnisse modifizieren und reorganisieren.

Erkenntnisgewinnung	Studierende können ...
E1 Probleme und Fragestellungen	in vorgegebenen Situationen biologische Probleme beschreiben, in Teilprobleme zerlegen und dazu biologische Fragestellungen formulieren.
E2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitet beobachten und messen sowie gewonnene Ergebnisse objektiv und frei von eigenen Deutungen beschreiben.
E3 Hypothesen	zur Klärung biologischer Fragestellungen Hypothesen formulieren und Möglichkeiten zu ihrer Überprüfung angeben.
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente und Untersuchungen zielgerichtet nach dem Prinzip der Variablenkontrolle unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften planen und durchführen und dabei mögliche Fehlerquellen reflektieren.
E5 Auswertung	Daten bezüglich einer Fragestellung interpretieren, daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge ableiten und diese fachlich angemessen beschreiben.
E6 Modelle	Modelle zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage biologischer Vorgänge begründet auswählen und deren Grenzen und Gültigkeitsbereiche angeben.
E7 Arbeits- und Denkweisen	an ausgewählten Beispielen die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit biologischer Modelle und Theorien beschreiben.

Kommunikation	Studierende können ...
K1 Dokumentation	Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten strukturiert dokumentieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge.
K2 Recherche	in vorgegebenen Zusammenhängen kriteriengeleitet biologisch-technische Fragestellungen mithilfe von Fachbüchern und anderen Quellen bearbeiten.
K3 Präsentation	biologische Sachverhalte, Arbeitsergebnisse und Erkenntnisse adressatengerecht sowie formal, sprachlich und fachlich korrekt in Kurzvorträgen oder kurzen Fachtexten darstellen.
K4 Argumentation	biologische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

Bewertung	Studierende können ...
B1 Kriterien	bei der Bewertung von Sachverhalten in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen fachliche, gesellschaftliche und moralische Bewertungskriterien angeben.
B2 Entscheidungen	in Situationen mit mehreren Handlungsoptionen Entscheidungsmöglichkeiten kriteriengeleitet Argumente abwägen, gewichten und einen begründeten Standpunkt beziehen.
B3 Werte und Normen	in bekannten Zusammenhängen ethische Konflikte bei Auseinandersetzungen mit biologischen Fragestellungen sowie mögliche Lösungen darstellen.
B4 Möglichkeiten und Grenzen	Möglichkeiten und Grenzen biologischer Problemlösungen und Sichtweisen mit Bezug auf die Zielsetzungen der Naturwissenschaften darstellen.

1.3 Didaktische und methodische Schwerpunkte

Neben der Vermittlung von Kenntnissen über biologische Zusammenhänge liegt der didaktisch-methodische Schwerpunkt darin, die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu fördern durch:
praktisches Arbeiten mittels Betrachten, Beobachten und Untersuchen biologischer Objekte als Naturobjekt oder an Hand von Abbildungen und Filmsequenzen

- Durchführung und Auswertung von Experimenten
- Bildung von Hypothesen und Theorien durch Deduktion und Induktion
- Veranschaulichung und Simulation der Realität an geeigneten Modellen, sowie eine kritische Auseinandersetzung mit diesen
- Beschreibung und Interpretation von Grafiken und Tabellen
- projektorientiertes Arbeiten
- Einsatz neuer Medien (z. B. geeignete Computersoftware)

1.4 Unterrichtsorganisation

Die naturwissenschaftliche Ausbildung sieht eine 2-semesterige Einführungsphase und eine 4-semesterige Kursphase vor.
Der Unterricht in den Leistungskursen umfasst fünf Semesterwochenstunden. Der Unterricht in den Grundkursen ist in der Regel am Abendgymnasium zweistündig, am Kolleg zwei- bis dreistündig.
Es wird ausschließlich in Doppelstunden (90 Minuten) unterrichtet.

1.5 Leistungsbewertung

Laut Fachkonferenzbeschluss und unter Berücksichtigung der APO setzt sich die Gesamtqualifikation zu jeweils gleichen Teilen aus den schriftlichen Leistungen und der sonstigen Mitarbeit zusammen.

Zur Feststellung der schriftlichen Leistungen werden in zweistündigen Kursen keine, in drei- oder fünfstündigen Kursen zwei Klausuren geschrieben.

Die Dauer der Klausuren beträgt zwei bis vier Schulstunden. Die Dauer der letzten Klausur, die unter Abiturbedingungen geschrieben wird, beträgt im Grundkurs drei, im Leistungskurs 4¼ Zeitstunden.

Zur Beurteilung der „Sonstigen Mitarbeit“ werden herangezogen:

- Mitarbeit im Unterricht
- Hausaufgaben
- Schriftliche Protokolle
- Präsentationen und Referate
- Lernzielerfolgskontrollen durch schriftliche Übungen

Einzelheiten und Bewertungsmaßstäbe siehe Leistungsbewertungskonzept.