

Das Fach Biologie ist in der Oberstufe gekennzeichnet durch eine verstärkt wissenschaftspropädeutische Ausrichtung, gerade auch im Hinblick auf die Entwicklung methodischer Fähigkeiten. Die Schüler setzen sich mit Themen auseinander, die von der molekularen Basis des Lebens bis zu anthropologischen Fragestellungen reichen, was ihrem Bedürfnis nach Orientierung in weltanschaulichen, ethischen und philosophischen Grundfragen entgegenkommt. Die raschen Fortschritte der Biowissenschaften zum Beispiel in den Bereichen Biotechnologie, Gentechnik, Verhaltensbiologie und Paläoanthropologie sowie globale Veränderungen der Ökosysteme erfordern es, moderne Forschungsergebnisse und aktuelle Entwicklungen einzubeziehen.

Jahrgangsstufe 11

B 11.1 Strukturelle und energetische Grundlagen des Lebens (ca. 25 Std.)

Die Schüler festigen und vertiefen ihr Verständnis von der Zelle als grundlegender Bau- und Funktionseinheit aller Lebewesen. Bei der Auseinandersetzung mit elektronenoptisch erkennbaren Zellbestandteilen erkennen sie Zusammenhänge zwischen Struktur und Funktion. Für eine Betrachtung auch auf molekularer Ebene greifen die Schüler auf ihre Kenntnisse über wichtige Biomoleküle zurück [→ C_{NTG} 10.3, C_{SG} 10.4]. Anhand von Experimentalbefunden wird eine zunehmend differenzierte Vorstellung vom Ablauf der Photosynthese entwickelt. Dabei erfassen die Schüler, auf welche Weise Lichtenergie in chemischen Verbindungen gespeichert wird und lernen die Bedeutung organischer Kohlenstoffverbindungen als Energieträger in Natur und Technik kennen. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse bilden auch die Basis für eine zusammenfassende Betrachtung der Atmungs- und Gärungsprozesse.

Durch die Betrachtung der molekularen Struktur von Enzymen sowie die Untersuchung der Abhängigkeit der Enzymaktivität von Außenfaktoren und von Regulationsprozessen gewinnen die Schüler einen Einblick in den Ablauf und die Steuerung biochemischer Reaktionen.

Organisation und Funktion der Zelle

- elektronenoptisch erkennbare Strukturen der Zelle: Bau und Aufgaben von Biomembranen, Chloroplasten, Mitochondrien, Zellkern
- Biomoleküle und deren Bedeutung
- Bedeutung und Regulation enzymatischer Prozesse: experimentelle Untersuchung des Einflusses von Substratkonzentration, Temperatur, kompetitiver und allosterischer Hemmung

Energiebindung und Stoffaufbau durch Photosynthese

- Bedeutung der Photosynthese: Aufbau von organischen Verbindungen als Energiespeicher; die Übertragung von Wasserstoff als Möglichkeit zur Energieübertragung; Bedeutung organischer Kohlenstoffverbindungen als Energieträger in der Technik
- bedeutsame Experimente zur Aufklärung wesentlicher Photosyntheseschritte: Hinweise auf die Existenz zweier Reaktionssysteme durch Versuche zu Temperatur- und Lichtabhängigkeit sowie Hill-Reaktion, Absorptionsspektrum und Wirkungsspektrum, Tracer-Methode
- energetisches und chemiosmotisches Modell zur Beschreibung der Lichtreaktionen (keine Strukturformeln)
- Modellvorstellung der lichtunabhängigen Reaktionen (keine Strukturformeln)
- Bruttogleichungen der beiden Teilprozesse
- Bedeutung der Photosyntheseprodukte für die Pflanze: Anabolismus und Katabolismus, Transport, Speicherung

- experimentelle Untersuchung und Deutung der Abhängigkeit der Photosyntheserate von weiteren Außenfaktoren; Bedeutung und Anwendung

Energiefreisetzung durch Stoffabbau

- alkoholische Gärung und Milchsäuregärung: Glykolyse (nur Bruttogleichung), Bedeutung
- aerobe Dissimilation: Zellatmung, Bruttogleichung
- Stoff- und Energiegesamtbilanz der anaeroben und der aeroben Dissimilation

B 11.2 Genetik und Gentechnik

(ca. 44 Std.)

Die Schüler lernen die molekularen Grundlagen der Speicherung, Vermehrung, Realisierung und Veränderung der Erbinformation kennen. Das Wissen um die Bedeutung molekularer und zytogenetischer Vorgänge für die Variabilität von Phänotypen ermöglicht eine Verknüpfung mit der Evolutionstheorie. Es wird aber auch genutzt, um Gesetzmäßigkeiten der klassischen Genetik statistisch, z. B. mit Hilfe von Simulationen, zu erklären. So sind die Schüler schließlich in der Lage, ihre Kenntnisse auf ausgewählte Erbgänge des Menschen und auf Fragen der genetischen Familienberatung anzuwenden. Auf diesen Grundlagen der Molekulargenetik aufbauend, haben die Schüler die Möglichkeit, elementare Methoden der Gentechnik zu verstehen und Anwendungsbeispiele oder Zukunftsaspekte unter Einbeziehung aktueller Entwicklungen und Wertvorstellungen zu reflektieren.

Molekulargenetik

- Experimente von Griffith und Avery: DNA als Speicher genetischer Information
- Vergleich des DNA-Modells mit einem entsprechenden RNA-Modell
- Experiment von Meselson und Stahl: Prinzip der komplementären Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken, semikonservativer Mechanismus der Replikation
- Realisierung der genetischen Information (Proteinbiosynthese) bei Prokaryoten: genetischer Code, Transkription, Translation
- Regulation der Transkription bei Prokaryoten
- Besonderheiten bei Eukaryoten: Mosaikgene, Intron, Exon
- Immunbiologie: Vielfalt und Variabilität von Antikörpern
- Ursachen und Folgen von Genmutationen: Austausch, Verlust oder Einschub von Nukleotiden; Bedeutung von Reparaturenzymen; Zusammenhänge zwischen genetischen Defekten und Krebsentstehung

Zytogenetik

- Karyogramm des Menschen
- Zellzyklus und Mitose: Ablauf und biologische Bedeutung; ggf. lichtmikroskopische Untersuchung von Mitosestadien
- geschlechtliche Fortpflanzung: Keimzellenbildung durch Meiose (Reduktions- und Äquationsteilung); genetische Variabilität durch Neukombination des genetischen Materials
- numerische Chromosomenaberration beim Menschen: Trisomie 21, gonosomale Abweichungen

Klassische Genetik

- mono- und dihybrider Erbgang als Modell: Allelbegriff, dominant-rezessive Genwirkung
- Mendelsche Regeln: statistischer Charakter
- Modellerweiterung: unvollständige Dominanz, additive Polygenie, Genkoppelung, Genaustausch

Humangenetik

- Erbgänge beim Menschen
- AB0-Blutgruppensystem (multiple Allelie, Kodominanz), Rhesussystem

- Erbkrankheiten
- Methoden der genetischen Familienberatung und Risikoabschätzung: Stammbaumanalyse, Heterozygotentest, Pränataldiagnostik, ethische Analyse

Gentechnik

- Neukombination von Erbanlagen mit molekulargenetischen Techniken: Einbringen von Fremd-DNA in Wirtszellen (Viren und Plasmide als Vektoren), Selektion transgener Zellen durch Markergene, Klonierung
- bedeutsame Methoden der Gentechnik: Gensonden, cDNA, PCR
- Anwendung der Gentechnik: genetischer Fingerabdruck, Beispiele aus Tier- und Pflanzenzucht, Lebensmittel- und Medikamentenherstellung
- ethische Aspekte der Gentechnik, der Gendiagnostik und Gentherapie beim Menschen

B 11.3 Neuronale Informationsverarbeitung

(ca. 15 Std.)

Grundlegende neurophysiologische Vorgänge und elementare Mechanismen der Informationsverarbeitung werden auf der zellulären bzw. molekularen Ebene betrachtet und anhand einfacher Modellvorstellungen beschrieben. Die Schüler erkennen, wie z. B. durch Pharmaka und Drogen neurophysiologische Prozesse beeinflusst werden können. Beispiele aus der Medizin zeigen Möglichkeiten der Therapie neuronaler Erkrankungen auf.

Struktur und Funktion von Neuronen und Synapsen

- Bau eines Neurons; myelinisierte und nicht myelinisierte Nervenfasern
- Ruhepotential: Modellvorstellung zur Entstehung und Aufrechterhaltung
- Aktionspotential: Auslösebedingungen, zeitlicher Verlauf, absolute und relative Refraktärphase; Modellvorstellung zu Entstehung, Verlauf und Weiterleitung
- elektrochemische Vorgänge an chemischen Synapsen: Prinzip der Erregungsübertragung
- erregende und hemmende Synapsen
- Wirkung von Nervengiften, Medikamenten und Suchtmitteln
- moderne Vorstellungen zu Lernen und Gedächtnis auf neuronaler Ebene

Erkrankungen des menschlichen Nervensystems

- Ursachen, Symptome und Therapiemöglichkeiten von Erkrankungen des menschlichen Nervensystems, z. B. Parkinson-Syndrom, Multiple Sklerose, Alzheimer-Krankheit

Jahrgangsstufe 12

B 12.1 Evolution

(ca. 20 Std.)

Durch vergleichende Betrachtung erkennen die Schüler die Ähnlichkeit rezenter und fossiler Arten und begreifen diese als Dokumente der Evolution. Formenvielfalt und Anpassbarkeit der Lebewesen verstehen sie als Ergebnis eines langen stammesgeschichtlichen Entwicklungsprozesses. Der bereits aus der Mittelstufe bekannten Theorie Darwins werden andere Erklärungsansätze gegenübergestellt und die verschiedenen Modelle in Hinblick auf ihre wissenschaftliche Aussagekraft diskutiert. Die Schüler erweitern das Konzept Darwins und lernen mit der synthetischen Evolutionstheorie eine alle biologischen Teildisziplinen verbindende Theorie kennen, die unser Weltbild beeinflusst und die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis berührt.

Bei der Rekonstruktion stammesgeschichtlicher Vorgänge und der Entwicklung des Lebens setzen sie sich mit Voraussetzungen und Mechanismen von Evolutionsprozessen auseinander. Im Zusammenhang mit Fragestellungen der Hominisation beschäftigen sich die Schüler mit

anatomischen Veränderungen, der Ausbildung kognitiver Fähigkeiten und der Entstehung eines moralischen Bewusstseins.

Evolutionsforschung

- Gemeinsamkeiten und Vielfalt fossiler und rezenter Organismen als Dokumente der Evolution
- Entwicklung des Evolutionsgedankens: vergleichende Betrachtung der Erklärungsansätze von Cuvier, Lamarck und Darwin; Auswirkungen auf Ordnungssysteme; morphologischer und biologischer Artbegriff
- Beurteilung von Ähnlichkeiten zur Rekonstruktion der Stammesgeschichte:
 - Homologiekriterien an Beispielen aus der Anatomie, Embryologie, Molekularbiologie; Bewertung homologer Merkmale
 - Analogie und konvergente Entwicklung
 - Fossilien: zeitliche Einordnung und Interpretation

Mechanismen der Evolution

- Zusammenspiel von Evolutionsfaktoren aus der Sicht der erweiterten Evolutionstheorie, Bedeutung von Simulationen
- Allelfrequenzänderung durch Mutation und Rekombination (Bedeutung für die Evolutionsgeschwindigkeit), Selektion (Formen), Gendrift
- Rassen- und Artbildung infolge reproduktiver und geographischer Isolation; adaptive Radiation an einem Beispiel

Evolutionsprozesse

- Hypothesen zu den Anfängen des Lebens: chemische Evolution, erste hypothetische Zellen, Ernährungsformen, Vielzelligkeit
- Evolutionsschübe nach Massenaussterben
- Koevolution: Bestäuber – Blütenpflanze, Wirt – Parasit

Evolution des Menschen

- Einordnung des Homo sapiens im System anhand anatomischer, chromosomaler und molekularer Merkmale
- Stationen der Hominiden-Entwicklung: vergleichende Betrachtung
- Zusammenwirken verschiedener Faktoren bei der Evolution des Menschen: Umweltveränderungen, anatomisch-morphologische Veränderungen, soziale und kulturelle Evolution
- Erstellen eines aktuellen Stammbaums

B 12.2. Der Mensch als Umweltfaktor – Populationsdynamik und Biodiversität

(ca. 10 Std.)

Die Auseinandersetzung mit ökologischen Fragestellungen lässt die Schüler erkennen, dass die Ökologie Erkenntnisse verschiedener Wissenschaftsdisziplinen integriert. So kann die Existenz einer Population in ihrem Lebensraum nur unter Einbeziehung von Genetik, Physiologie und Evolutionsforschung verstanden werden. Auf der Grundlage von ökologischen Modellvorstellungen lernen die Schüler, Auswirkungen menschlicher Eingriffe abzuschätzen, und erhalten dadurch Entscheidungshilfen für umweltverträgliches und nachhaltiges Handeln.

- idealisierte Populationsentwicklung: Wachstumsphasen
- Einfluss von Umweltfaktoren auf die Entwicklung von Populationen: logistisches Wachstum
- Bedeutung verschiedener Fortpflanzungsstrategien
- Populationsentwicklung des Menschen
- anthropogene Einflüsse auf die Artenvielfalt z. B. durch weltweiten Tier- und Pflanzentransfer, wirtschaftliche Nutzung, Freizeitverhalten, Schadstoffeintrag, Klimaveränderungen
- Bedeutung der Biodiversität: ökologische und ökonomische Aspekte, Bioindikatoren

- Umweltmanagement: Natur- und Artenschutz, Nachhaltigkeit, internationale Abkommen

B 12.3 Verhaltensbiologie

(ca. 33 Std.)

Die unterschiedlichen Betrachtungsebenen und Methoden der Verhaltensbiologie eröffnen den Schülern die Möglichkeit, tierisches und menschliches Verhalten mit verschiedenen wissenschaftlichen Erklärungsmodellen zu beschreiben und zu interpretieren.

Sie lernen Ansätze der klassischen Verhaltenslehre kennen, die sich vor allem mit angeborenem Verhalten von Tieren und Menschen auseinandersetzen und Modellvorstellungen zu dessen Erklärung entwickelt haben. In Verbindung mit Konzepten, die das Lernen in den Vordergrund stellen, sich jedoch weitgehend auf die Beschreibung von Verhalten beschränken, wird den Schülern deutlich, dass sich Verhalten als ein Kontinuum aus eng miteinander verflochtenen genetischen und lernbedingten Anteilen verstehen lässt.

Bei der Beschäftigung mit sozialen Verhaltensweisen steht deren Bedeutung als Umwelthanpassung im Vordergrund. Die Schüler interpretieren verschiedene Verhaltenselemente aus mechanistischer (proximater) Sicht, aber auch – unter konsequenter Anwendung des Evolutionsgedankens – aus funktionaler (ultimater) Perspektive. Die Auseinandersetzung mit diesem soziobiologischen Ansatz ermöglicht es den Schülern, die Zweckmäßigkeit von Verhaltensweisen unter dem Gesichtspunkt der Gesamtfitness zu bewerten. Anhand verschiedener Beispiele können sie ihre erworbenen Kenntnisse und Kompetenzen zur sachgerechten Diskussion gesellschaftlich relevanter Themen einbringen.

Einführung

- Fragestellungen und Betrachtungsebenen: proximate und ultimate Ursachen
- Methoden der Verhaltensbiologie: Beobachtung, Ethogramm, ethologische, physiologische und molekularbiologische Experimente an je einem Beispiel

Vollständig und überwiegend genetisch bedingte Verhaltensweisen

- unbedingte Reflexe
- komplexere Erbkoordinationen (Instinkthandlungen) bei einfachen Verhaltensweisen (z. B. Nahrungsaufnahme, biologische Rhythmen): Voraussetzungen (innere Faktoren, reaktionsauslösende Reize), ungerichtetes Appetenzverhalten, Filtermechanismen, Taxis, Endhandlung; Attrappenversuche
- experimentelle Hinweise auf erbbedingtes Verhalten: Kaspar-Hauser-Experimente

Erweiterung einfacher Verhaltensweisen durch Lerneinflüsse

- Prägung: Kriterien und biologische Bedeutung; prägungsähnliche Vorgänge beim Menschen, Hospitalismus
- Modifikation einer Erbkoordination durch Erfahrung
- Prinzip der Konditionierung: Erlernen der Bedeutung eines Reizmusters (bedingter Reiz) bzw. einer Handlung (je ein Beispiel)
- Verhalten mit höherer Plastizität: Spielverhalten, Nachahmung und Tradition, kognitives Lernen

Individuum und soziale Gruppe

- Kooperation
 - Beispiele für Kooperation bei Nahrungserwerb, Schutz, Verteidigung, Fortpflanzung; Kosten-Nutzen-Betrachtung, Optimalitätsmodell
 - altruistisches Verhalten: Helfergesellschaften; Eusozialität; Verwandtschaftsgrad (Hamilton-Regel); direkter und indirekter Fortpflanzungserfolg als Maßstab für eine evolutionsstabile Strategie
 - Kommunikation
 - Sender-Empfänger-Modell
 - situations- und biotopabhängige Nutzung verschiedener Sinneskanäle

- Kosten und Nutzen der Kommunikation: Signalisieren und Signalempfang; Signalfälschung
- Konflikte
- Intensitätsstufen der Aggression: Imponieren, Drohen, Kämpfen; Beschädigen
- Formen der Aggressionskontrolle: Beschwichtigung, Rangordnung, Territorialität, Migration
- proximate Ursachen aggressiver Verhaltensweisen: hormonelle Einflüsse, Versorgungszustand, Verfügbarkeit von Ressourcen, Umwelteinflüsse
- ultimate Ursachen aggressiven Verhaltens: Kosten-Nutzen-Analyse über Spieltheorie (Falke – Taube – Bourgeoise)
- Sexualverhalten
- Partnerfindung und Partnerbindung: Balzverhalten, Sexualtrachten
- ökologische Bedingungen und Paarungssysteme: Monogamie, Polygamie; Kosten-Nutzen-Analyse und Fortpflanzungserfolg
- Infantizid

Angewandte Verhaltensbiologie

- Mann-Frau-Schema, Kindchenschema: Rolle in der Gesellschaft und in den Medien
- Beurteilen von Haltungsbedingungen bei Tieren
- Aggressionsmodelle und ihre Bedeutung für die Erziehung
- Vergleich soziobiologischer Interpretationen menschlichen Verhaltens mit philosophischen Ansätzen

