

06/2017

**Lehrplan**  
**DFG / LFA**  
**Biologie**  
**Zweig: L**  
**Klassenstufen**  
**10, 11 und 12**

# 1 Leitgedanken

## 1.1 Bildungswert des Faches

Der Biologieunterricht in den Jahrgangsstufen 10, 11 und 12 leistet seinen Beitrag zu einer vertieften Bildung im Bereich der Biologie sowie der Naturwissenschaften. Er berücksichtigt die verschiedenen Dimensionen des Lernens: die fachlichen Inhalte, die methodischen Fragen, sozial-kommunikative Aspekte sowie die Persönlichkeit der Schülerin bzw. des Schülers.

Die Schülerinnen und Schüler werden dazu gebracht, ihre Kompetenzen im Bereich des Erklärens, Argumentierens und Begründens zu entwickeln. Sie sollen in die Lage versetzt werden, an einer Debatte teilzunehmen, Urteile und Entscheidungen zu fällen und in angemessener Weise zu handeln.

Der Unterricht im Fach Biologie entwickelt die Kompetenzen, Tragweite und Grenzen biologischer Erkenntnisse und Verfahren sowie ihre gesellschaftlichen Folgen kritisch zu bewerten. Dies setzt voraus, dass man biologische Phänomene aus verschiedenen Perspektiven heraus analysieren und verstehen kann. Gleichzeitig greift die Biologie auf Erkenntnisse, Gesetzmäßigkeiten und Methoden anderer wissenschaftlicher Disziplinen zurück, um Wissen, Verstehen sowie methodische Fertigkeiten fachspezifisch und lernerorientiert zu fördern.

Die Bereiche Gesundheit, Gentechnik, Biotechnologie, Bioethik, Umwelt und nachhaltige Entwicklung sind von zunehmender gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und persönlicher Bedeutung. Die Biologie ist zu einem stark integrativen Fach geworden und verbindet naturwissenschaftliche und technische Disziplinen mit den Sozial- und Geisteswissenschaften.

Biologische Fachkenntnisse sind Grundlage für die Reflexion über die Stellung des Menschen im biologischen System, über sich selbst und seine Beziehungen zur Umwelt. Die Biologie gibt Anstöße, um über Einflüsse naturwissenschaftlicher Erkenntnisse auf das Weltbild des Menschen und auf seine Rolle darin zu reflektieren.

Indem unterschiedliche Kompetenzen entwickelt werden, bereitet der Biologieunterricht in der Sekundarstufe II auf ein wissenschaftliches Hochschulstudium vor. Er führt ein in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Methoden, die ihrerseits unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten reflektiert werden. Dies fordert fachübergreifendes Denken. Das Arbeiten mit Modellvorstellungen, der gedankliche Wechsel zwischen verschiedenen Organisationsebenen des Lebens und der Umgang mit komplexen biologischen Strukturen fördern die Fähigkeit zur Abstraktion, zum Perspektivwechsel und zum logischen Denken.

Im Biologieunterricht der Qualifikationsphase werden Schülerinnen und Schüler ermutigt, ihr Lernen schrittweise selbst zu regulieren und zu organisieren sowie grundlegende Fachkenntnisse und Methoden zunehmend autonom anzuwenden. Er schafft eine anschlussfähige Basis für Berufsausbildung und Studium (Wissenschaftspropädeutik).

Die Kompetenzen werden unterschieden in inhaltsbezogene Kompetenzen (Sachkompetenz/ Fachwissen) und prozessbezogene Kompetenzen (Methoden der Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung).

## 1.2 Kompetenzen

### Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler können die folgenden grundlegenden Prinzipien zur Analyse und Erklärung der beobachteten biologischen Phänomene anwenden. Die folgenden **Basiskonzepte** sind Grundlage zum Verständnis und Hilfe zur Strukturierung der im Unterricht behandelten Sachverhalte.

### **Basiskonzepte**

- **Struktur und Funktion:** Bei allen biologischen Strukturen ist der Zusammenhang zwischen Bau und Funktion zu erkennen. Beispiele hier: Moleküle, Zellen und Organe eines Lebewesens
- **Zelluläre Organisation:** Alle Lebewesen sind aus Zellen aufgebaut. Zellen müssen aus energetischen Gründen gegen die Außenwelt abgetrennt sein, aber mit dieser in Stoff- und Energieaustausch stehen
- **Spezifische Molekülinteraktion:** „Schlüssel-Schloss-Interaktionen“ erzielen spezifische Wirkungen
- **Energieumwandlung:** Notwendigkeit und Möglichkeiten der Energieumwandlung in der Zelle
- **Regulation:** Voraussetzung für Stoffwechsel und ontogenetische Entwicklung sind Regulationsvorgänge im Organismus
- **Information und Kommunikation:** Reizaufnahme, Signalweiterleitung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen, Auslösen einer Reaktion auf Veränderungen der Umwelt und des inneren Milieus
- **Reproduktion:** Lebewesen pflanzen sich fort und geben die Erbinformation nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten an ihre Nachkommen weiter.
- **Variabilität:** Einheitlichkeit und Vielfalt von Lebewesen sind das Ergebnis der Evolution der Lebewesen
- **Angepasstheit:** Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst.
- **Wechselwirkung:** Zusammenspiel der Zellen und Organe eines Organismus; Beziehungen zwischen einzelnen Lebewesen und ihrer Umwelt, zwischen den Lebewesen einer Population und eines Ökosystems

### **Methodenkompetenz**

Schülerinnen und Schüler können

- die wissenschaftliche Vorgehensweise im Falle einer Beobachtung, eines Experimentes oder einer Untersuchungen einhalten:  
Planung – Durchführung – Protokoll - Auswertung sowie Fehlerbetrachtung
- einfache mikroskopische Präparate mikroskopieren und zeichnerisch darstellen sowie mikroskopische Bilder auswerten
- einfache Bestimmungsschlüssel erstellen und anwenden
- die experimentelle Methode anwenden
  - naturwissenschaftliche Fragestellungen entwickeln
  - Hypothesen bilden
  - Hypothesen experimentell überprüfen
  - Ergebnisse im Hinblick auf die Fragestellung auswerten
- Modelle im Erkenntnisprozess nutzen
  - Modell entwickeln, anwenden und verfeinern/optimieren/anpassen
  - Eigenschaften und Grenzen von Modellen erläutern
- biologische Sachverhalte beschreiben, vergleichen und klassifizieren sowie Fachtermini definieren
- Ursache-Wirkungs-Beziehungen ableiten und biologische Sachverhalte erklären und interpretieren

### **Kompetenzbereich Kommunikation**

Schülerinnen und Schüler können

- Informationen sachkritisch analysieren, strukturieren und adressatengerecht präsentieren
- Informationen aus Texten, experimentellen Daten, Schemata, Diagrammen, Tabellen und symbolischen Darstellungen (chemische Gleichungen) in andere Darstellungsformen umwandeln
- Methoden und Ergebnisse biologischer Beobachtungen, Untersuchungen und Experimente in geeigneter Form darstellen und damit argumentieren
- zwischen Alltags- und Fachsprache unterscheiden und naturwissenschaftliche Fachbegriffe sachgerecht anwenden

### **Kompetenzbereich Bewertung**

Schülerinnen und Schüler können

- in verschiedenen Kontexten biologische Sachverhalte erkennen
- Entscheidungen, Maßnahmen und Verhaltensweisen auf der Grundlage von Fachkenntnissen unter Beachtung verschiedener Perspektiven ableiten und bewerten
- Bedeutung, Tragweite und Grenzen naturwissenschaftlicher Anwendungen bewerten

Darüber hinaus gilt das allgemeine, das Fach Biologie überschreitende Ziel der **Selbst- und Sozialkompetenz**, die den Schüler/die Schülerin befähigen soll, das eigene wissenschaftliche Arbeiten kritisch zu begleiten und im Team zu realisieren.

### **Selbst- und Sozialkompetenz**

Leistungsbereitschaft, Zuverlässigkeit, Selbstständigkeit, Verantwortung, Toleranz und Teamfähigkeit sind Dimensionen der Selbst- und Sozialkompetenz.

Schülerinnen und Schüler können

- ihr Lernen und Arbeiten selbst oder im Team organisieren und hierbei Initiative zu ergreifen
- selbstständig und situationsbezogen Lernstrategien und Arbeitstechniken anwenden, die gewählten Herangehensweisen reflektieren und die Ergebnisse bewerten
- das eigene Arbeits- und Sozialverhalten sowie das anderer Teammitglieder einschätzen

### 1.3 Didaktische Hinweise

Der Lehrplan für das Fach Biologie ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit von Lehrkräften der drei Deutsch-Französischen Gymnasien und von Vertretern der Schulaufsichten Frankreichs, Baden-Württembergs und des Saarlandes. Er besteht aus Inhalten, die den verschiedenen Lehrplänen entstammen und setzt sich zum Ziel, den französischen und deutschen Schülern eine dem Geiste der verschiedenen Lehrtraditionen folgende Grundbildung in der Biologie zu vermitteln.

Die in diesem Lehrplan vorgesehenen Lerninhalte sind von einem Umfang, der es dem Lehrer/der Lehrerin erlaubt, eine unterschiedlich große, insgesamt aber doch beachtliche Zahl von Unterrichtsstunden für die Vertiefung schwieriger Konzepte, für unterschiedliche methodische Zugänge und vor allem für die Fachsprache zu verwenden.

Die vollständige Integration französischer und deutscher Schüler erfordert es, auf die Spracharbeit eine im Vergleich zum Unterricht mit muttersprachlichen Schülern viel größeren Akzent zu legen. Hierzu gehört die Einarbeitung in fachspezifische Ausdrücke zur Bezeichnung biologischer Strukturen und Funktionen, aber auch die Einübung allgemeiner Ausdrücke aus den Bereichen der wissenschaftlichen Argumentation und des experimentellen Designs.

Der Lehrplan ist zweispaltig angelegt. In der Spalte „Konzepte und Inhalte“ werden die Unterrichtsinhalte in ihrem fachlichen Zusammenhang beschrieben. Die rechte Spalte gibt konkrete Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung sowie zu thematischen Verbindungen mit anderen Kapiteln des Lehrplans, die im Sinne eines Spiralcurriculums und des vernetzten Lernens genutzt werden können.

***Kursiv gedruckte, grau unterlegte Abschnitte beschreiben fakultative Themen.***

**Der Biologieunterricht der Klassestufe 10 ist nicht nach Zweigen differenziert. Er legt fachlich-inhaltliche sowie methodische Grundlagen für den weiterführenden Unterricht in den drei Zweigen SMP, SBC und L der Klassenstufen 11 und 12.**

## Klasse 10 (Seconde)

### 2 Lerninhalte

#### 2.1 BIODIVERSITÄT UND ORGANISATION DER LEBEWESSEN

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Ein Ökosystem besteht aus Biotop und Biozönose.</p> <p>Tier- und Pflanzenarten einer Biozönose weisen eine große Vielfalt auf. Ihre Verteilung hängt von biotischen und abiotischen Faktoren ab.</p> <p>In einem Ökosystem stehen alle Arten in einem Abhängigkeitsverhältnis zueinander.</p> <p>Trophische Beziehungen sind ein Beispiel für das Beziehungsgefüge zwischen Lebewesen.</p> <p>Veränderungen des Milieus oder zwischenartlicher Beziehungen wirken sich auf das Ökosystem aus und können damit seine Biodiversität verändern.</p> <p>Der Mensch kann durch sein Eingreifen das dynamische Gleichgewicht des bestehenden Ökosystems verändern.</p> <p>Biodiversität verändert sich im Laufe der Zeit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchung und Analyse eines Ökosystems, eines Biotops und einer Biozönose und den Beziehungen der Lebewesen untereinander</li> <li>- Bestimmungsübungen</li>   <li>- Planung und Durchführung von Experimenten zum Präferenzbereich der Lebewesen</li>   <li>- Ermittlung und graphische Darstellung von Nahrungsbedürfnissen und Nahrungsnetzen</li>   <li>- Untersuchung von Fallbeispielen, Internetrecherche oder andere Quellenarbeit</li> </ul>

**2.2 ZELLEN ALS STRUKTURELLE UND FUNKTIONALE EINHEIT ALLER LEBEWESSEN**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Alle Lebewesen bestehen aus Zellen.</p> <p>Zellen werden von einer Biomembran umgeben, die das innere vom äußeren Milieu abgrenzt.</p> <p>Unterscheidung von pflanzlichen und tierischen, prokaryotischen und eukaryotischen Zellen.</p> <p>Heterotrophie ist an die Anwesenheit von Mitochondrien gebunden. Sie kommen in allen eukaryotischen Zellen vor.</p> <p>Autotrophie ist an die Anwesenheit von Chloroplasten gebunden und stellt das wesentliche Merkmal der Primärproduzenten dar</p> <p>Alle Zellen sind heterotroph; chlorophyllhaltige Zellen sind autotroph oder heterotroph, je nach äußeren Bedingungen (Licht).</p> <p>Chlorophyllhaltige Zellen produzieren organische Stoffe, die zu anderen Zellen transportiert werden. Die organischen Stoffe (Biomasse) sind die Grundlage des Stoffflusses durch die Nahrungskette.</p> <p>Diese organischen Stoffe werden zum Teil bei der Zellatmung abgebaut, um ATP aus ADP zu bilden; ATP findet als universeller Energieüberträger Verwendung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikroskopische Untersuchung von tierischen und pflanzlichen Zellen sowie von Bakterien und Pilzen</li> <li>- Herstellen von mikroskopischen Präparaten und Anfertigen von Zeichnungen</li> <li>- Experimente zu Plasmolyse und Turgescenz</li> <li>- Schematische Darstellung oder Bau eines Modells einer prokaryotischen und eukaryotischen Zelle</li> <li>- Untersuchung des Nährstoff- und Energiebedarfs von autotrophen und heterotrophen Zellen</li> <li>- Ein Experiment planen, durchführen und auswerten</li> <li>- Eine schematische Darstellung des Zellstoffwechsels entwickeln</li> <li>- Ermittlung von Faktoren, die die Fotosynthese beeinflussen</li> <li>- Nachweis des Gasaustausches bei photosynthetischen Pflanzen</li> </ul>

**Begrenzung:**

*Es reicht die lichtmikroskopische Betrachtung und Untersuchung von Zellstrukturen. Der Feinbau der Organellen wird in den Klassen Première und Terminale behandelt. Das elektronenmikroskopische Bild der Zelle kann aber zur Beobachtung der Mitochondrien verwendet werden.*

*Die Struktur der Biomembran und ihre funktionellen Eigenschaften werden in den Klassen Première und Terminale nach Bedarf ergänzt.*

*Die Fotosynthese soll nur auf makroskopischer und zellulärer Ebene behandelt werden.*

**2.3 MOLEKULARE BASIS DER GENETISCHEN INFORMATION: DNA**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Die genetische Information befindet sich bei prokaryotischen Zellen im Zellplasma, bei eukaryotischen Zellen im Zellkern in Form von Chromosomen</p> <p>Jedes Chromosom enthält ein DNA-Molekül, das zahlreiche Gene trägt</p> <p>Die DNA ist aus 2 komplementären Ketten bestehend aus Adenin-, Thymin-, Cytosin- und Guanin- Nukleotiden aufgebaut</p> <p>Die Nukleotidsequenz eines Gens verschlüsselt die genetische Information</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokalisierung und Extraktion von DNA</li>   <li>- Bau eines DNA-Modells (einfaches Schema)</li>   <li>- Anwendung einer Software zum Vergleich von Gensequenzen</li> </ul>

**Begrenzung:** Der molekulare Aufbau der Nukleotide soll hier nicht behandelt werden.

**2.4 EXPRESSION DER GENETISCHEN INFORMATION**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Gene sind Abschnitte auf der DNA, die für ein Proteinmolekül codieren; sie kommen als Allele in unterschiedlicher Form vor</p> <p>Die Nukleotidsequenz der DNA bestimmt die Aminosäuresequenz des Proteins nach einem festen Zuordnungsmuster</p> <p>Die Eigenschaften eines Proteins hängen von seiner Aminosäuresequenz und den Milieubedingungen ab</p> <p>Enzyme sind Biokatalysatoren, die die Geschwindigkeit von Stoffwechselreaktionen in der Zelle beeinflussen.</p> <p>Die Aktivität von Enzymen kann von Umweltfaktoren abhängen. Über Enzyme, die durch Steuerung von Stoffwechselprozessen die Ausbildung des Phänotyps beeinflussen, nehmen Umweltfaktoren Einfluss auf den Phänotyp. So reagiert der Organismus auf Umweltfaktoren.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzung von Gendatenbanken (<i>Anagene</i>) und Anwendung von Software zur Darstellung von Molekülen (z.B. <i>Rastop</i>)</li>   <li>- "Verwendung einer Zuordnungstabelle Nukleotidsequenz der DNA – Aminosäuresequenz"</li>   <li>- An Beispielen die Beziehung zwischen Struktur und Funktion eines Proteins erkennen und beschreiben</li>   <li>- Experimente zur enzymatischen Katalyse (Substrat- und Wirkungsspezifität, Temperaturabhängigkeit)</li> <li>- Visualisierung des Enzym-Substrat-Komplexes (Schlüssel-Schloss-Prinzip)</li>   <li>- Analyse von Beispielen zur Abhängigkeit des Phänotyps von Umweltbedingungen</li> </ul>

**Begrenzung:**

Die m-RNA und die beteiligten Organellen sowie die molekularen Zusammenhänge der Proteinbiosynthese werden in Klasse 12 behandelt. Daher wird in Klasse 10 nur die Entsprechung "Basen-(oder Nukleotid-)sequenz der DNA - Aminosäuresequenz des Proteins" thematisiert.

## 2.5 WEITERGABE DER GENETISCHEN INFORMATION

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Die Zellteilung (Mitose) durchläuft mehrere Phasen.</p> <p>Im Zellzyklus findet während der Interphase die semikonservative Replikation der DNA über komplementäre Basenpaarung statt.</p> <p>Eine aus Mitose hervorgegangene Tochterzelle enthält in der Regel die gleichen Erbinformationen wie die Ausgangszelle.</p> <p>Punktuelle Fehler oder Mutationen können spontan bei der Replikation der DNA auftreten; Umweltfaktoren können mutagen wirken und die Mutationsrate erhöhen.</p> <p>Mutationen sind die Grundlage genetischer Vielfalt innerhalb der Arten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikroskopieren von Zellen in der Mitose</li> <li>- Beobachtung der Mitosestadien im geordneten Ablauf</li> <li>- Schematische Darstellungen von unterschiedlichen Phasen</li>   <li>- Auswertung historischer Experimente zur DNA-Replikation</li> <li>- Graphische Darstellung des DNA-Gehalts in Abhängigkeit der Zeit erklären</li>   <li>- Animationen zum Zellzyklus</li>   <li>- Experimente zur Wirkung mutagener Faktoren</li> </ul>

### **Begrenzung:**

*Die DNA-Replikation soll nur über die DNA-Polymerase erklärt werden. Die Behandlung der Replikation unter Verwendung der Okazakifragmente und der Beteiligung weiterer Enzyme ist nicht vorgesehen. Mutationen lassen sich als Fehler an den Replikationsgabeln erklären.*

*Bei Experimenten zur Einflussnahme mutagener Faktoren sind die gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen strikt zu befolgen!*

# Klassen 11 und 12 (Première et Terminale)

## 2 Lerninhalte

### 2.1 KOMMUNIKATION AUF DER STUFE DES ORGANISMUS

#### 2.1.1 Nervensystem

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Untersuchung eines Reflexes</b>                      Ein Reflex ist die schnelle und gleichförmige Beantwortung eines Reizes (Stimulus).</p> <p>Die Information von den Sinnesorganen wird über eine afferente Bahn zum Zentralnervensystem und von dort über eine efferente Bahn zum ausführenden Organ (Effektor) geleitet.</p> <p>Im Falle des Muskeldehnungsreflexes sind die Rezeptoren die Muskelspindeln des gedehnten Muskels, das Umschaltzentrum befindet sich im Rückenmark und der Effektor ist der gedehnte Muskel, der sich zusammenzieht, während sich sein Gegenspieler entspannt. Sensorische und motorische Nerven übertragen die Erregung vom Rezeptor zum ZNS und von dort zu den Effektoren. Dieser Reflexbogen dient insbesondere dazu, eine bestimmte Körperhaltung aufrecht zu erhalten.</p> <p>Die Nerven bestehen aus einem Bündel von Nervenfasern, die zu Nervenzellen (Neuronen) gehören.</p> <p>Nervenzellen (Neurone) bestehen aus einem Zellkörper und cytoplasmatischen Ausläufern (Dendriten leiten die Nachricht zum Zellkörper hin; Axone leiten die im Zellkörper generierte Nachricht in Richtung Endknöpfchen weiter).</p> <p>Die zu einem Reflexbogen gehörigen Neurone sind über Synapsen verbunden. Auf der Ebene des Nervenzentrums können afferente und efferente Neurone divergent oder konvergent verschaltet sein.</p> <p><b>Weiterleitung eines Nervensignals auf der Ebene eines Neurons</b>                      Das im Bereich eines Axons abgeleitete Erregungsmuster ist eine Folge von Aktionspotenzialen. Die Nachricht ist nicht durch die Amplitude, sondern über die Frequenz der Aktionspotenziale codiert (Alles-oder-Nichts-Gesetz).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– experimentelle Untersuchung eines Muskeldehnungsreflexes (Sehnenreflexes)</li> <li>– Schematische Darstellung eines Reflexbogens (↔ Regelkreise zur hormonellen Regulation)</li> <li>– Untersuchung von Schnitten durch motorische und sensorische Nervenfasern, Auswerten von Experimenten zur Nervenstimulation</li> <li>– Mikroskopische Untersuchung von Nerven, Rückenmark, Spinalganglion und Muskel</li> <li>– Anfertigung beschrifteter Skizzen von mikroskopischen Bildern</li> <li>– die synaptische Verzögerung in einem neuronalen Schaltkreis darstellen</li> <li>– Untersuchung eines Aktionspotenzials mithilfe eines Simulationsprogramms</li> <li>– Untersuchung der Codierung einer elektrischen Nachricht auf der Ebene einer Nervenfasers</li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Wie alle Zellen des Organismus, weist auch die Nervenzelle eine Membranpotenzialdifferenz auf, das sogenannte Ruhepotenzial. Dies beruht auf einer Ungleichverteilung von <math>K^+</math>- und <math>Na^+</math>-Ionen beiderseits der Zellmembran.</p> <p>Die ungleiche Ionenverteilung ist durch die Membranstruktur zu erklären (selektive Permeabilität, Diffusion, aktiver Transport). In der Membran finden sich ionenspezifische Kanäle. Die Diffusion eines Ions durch die Membran hängt ab vom elektrischen Gradienten (Ionenladungen) und vom Konzentrationsgradienten (Konzentration des betreffenden Ions beiderseits der Membran). Das Verhältnis der beiden Kräfte bestimmt die Richtung des Ionenstroms. (Sind beide Kräfte im Gleichgewicht, diffundieren pro Zeiteinheit gleich viele Ionen nach innen und außen.)</p> <p>Die Ungleichverteilung der Ionen innerhalb und außerhalb der Plasmamembran wird durch die ATP-abhängige <math>Na^+/K^+</math>-Pumpe aufrechterhalten.</p> <p>Bei einem Aktionspotenzial kommt es vorübergehend zur Umkehrung der Membranpolarisation. Ein Aktionspotenzial ist gekennzeichnet durch aufeinanderfolgendes Öffnen und Schließen von spezifischen spannungsabhängigen Ionenkanälen, die die Depolarisation (Einstrom <math>Na^+</math>), Repolarisation (Ausstrom <math>K^+</math>) und Hyperpolarisation verursachen. Jedes Aktionspotenzial führt nur sehr lokal zu einer Verschiebung weniger Ionen. Dies verändert die <math>K^+</math>- und <math>Na^+</math>-Konzentration beiderseits der Membran nur geringfügig und erlaubt so die Entstehung von Aktionspotenzial-Folgen. Die Refraktärzeit (absolute und relative) beruht auf den vorübergehend nicht aktivierbaren spannungsabhängigen <math>Na^+</math>-Kanälen. Die ATP-abhängige, kontinuierlich aktive <math>Na^+/K^+</math>-Pumpe erhält durch aktive Rückführung der während der Aktionspotenziale diffundierenden Ionen die ungleiche Ionenverteilung beiderseits der Membran aufrecht.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Untersuchung des Ruhepotenzials mithilfe eines Simulationsprogramms</li> <li>- Darstellung des Ruhepotenzials durch ein Simulationsexperiment (Kammern mit verschiedenen Salzlösungen, getrennt durch eine selektiv ionenpermeable Membran)</li> <li>- Darstellung der Ionenbewegungen (↔ Lehrplan 10: Biomembranen, ADT/ATP, Enzymatik)</li> <li>- Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Ionenkonzentrationen, der Membranpermeabilität oder eines ATP-Mangels auf die Ausbildung eines Aktionspotenzials</li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Verarbeitung und Verrechnung einer elektrischen Nachricht (Nervenimpuls) in einem Nervenzentrum</b></p> <p>Ein Nervenimpuls wird von einem Neuron auf ein nachfolgendes Neuron über eine Synapse weitergegeben. Das präsynaptische Signal ist frequenzcodiert und wird in ein chemisches Signal in Form der Neurotransmitter-Konzentration übersetzt.</p> <p>Die Abgabe des Neurotransmitters erfolgt durch Exocytose synaptischer Bläschen im Endknöpfchen.</p> <p>Die Transmitter-Moleküle binden gemäß dem Schlüssel-Schloss-Prinzip vorübergehend an räumlich komplementären Membranrezeptoren der postsynaptischen Membran.</p> <p>Das Binden des Neurotransmitters führt zu einer Änderung des postsynaptischen Membranpotenzials.</p> <p>An einer erregenden Synapse wird die Membran depolarisiert. Das amplitudencodierte Potenzial wird EPSP (Erregendes postsynaptisches Potenzial) genannt.</p> <p>Das EPSP breitet sich unter Abschwächung bis zum Axonhügel aus. Dort kommt es zu einer räumlichen und zeitlichen Summierung der EPSP. Überschreitet die Amplitude des resultierenden Potenzials den Schwellenwert im Bereich des Axonhügels, so wird eine neue elektrische Nachricht in Form von Aktionspotentialen erzeugt.</p> <p>Alle afferenten elektrischen Signale werden in einem Nervenzentrum zusammengeführt und zu einer resultierenden elektrischen Botschaft verrechnet. Dies ermöglicht die Entstehung modulierbarer efferenter Signale.</p> <p>Es gibt chemische Substanzen (Drogen, Medikamente), die die Synapsenfunktionen beeinflussen können. Alle Schritte der synaptischen Übertragung können hiervon betroffen sein.</p>	<p>– Untersuchung räumlicher und zeitlicher Summation mithilfe eines Simulationsprogramms (oder Modells)</p> <p>– Untersuchung der Wirkung einer chemischen Substanz an einer Synapse</p>

**Untersuchungen beschränken sich auf Muskeldehnungsreflex.**

**2.1.2 Hormonale Regelung am Beispiel der Fortpflanzung**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Die hormonale Steuerung erfolgt über Hormone. Dies sind Moleküle, welche von endokrinen Drüsen gebildet, über das Blut transportiert werden und auf Zielzellen wirken.</p>	
<p><b>Die hormonelle Steuerung der Fortpflanzung beim Mann</b>  <i>Für die menschliche Fortpflanzung werden Spermatozoide benötigt, deren Herstellung erfolgt ab der Pubertät fortlaufend. Hierfür ist ein konstanter Testosteronspiegel erforderlich.</i></p> <p><i>Die Herstellung von Testosteron durch die Hoden wird durch das neuroendokrine System gesteuert, bei dem der Hypothalamus und die Hypophyse beteiligt sind. Die Menge des hergestellten Testosterons kann eine negative Rückkopplung auf Hypothalamus bzw. Hypophyse ausüben.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Mikroskopische Untersuchung von Schnitten durch funktionsfähige sowie nicht funktionsfähige Hoden</i></li>   <li>– <i>Computersimulationen zu Ablations-, Transplantations- und Injektionsexperimenten.</i></li> <li>– <i>Konstruktion von Regelkreismodellen (↔ Lehrplan 11: Reflexe)</i></li> </ul>
<p><b>Die hormonelle Steuerung der Fortpflanzung bei der Frau</b>                      In den Eierstöcken der Frau werden Eizellen hergestellt (Ovarialzyklus). Nach Eisprung und Befruchtung muss sich der Embryo in der Gebärmutterschleimhaut einnisten können.</p> <p>Die in den Eierstöcken und in der Gebärmutter ablaufenden Zyklen laufen synchron ab. Sie werden über ein neuroendokrines System gesteuert, zu dem Hypothalamus und Hypophyse sowie die Eierstöcke gehören. Die Eierstockhormone üben in Abhängigkeit von dem Zeitpunkt innerhalb eines Zyklus eine positive oder negative Rückkopplung auf Hypothalamus bzw. Hypophyse aus.</p> <p>Die Kenntnis dieser hormonalen Mechanismen hat die Entwicklung von empfängnis- und schwangerschaftsverhütenden Methoden sowie von Techniken der Fortpflanzungsmedizin möglich gemacht. Diese Methoden müssen rechtliche Rahmenbedingungen und ethische Normen beachten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikroskopische Untersuchung von Eierstöcken und der Gebärmutter zu verschiedenen Zeitpunkten während des Zyklus</li>   <li>– Computersimulationen zu Abtragungs-, Transplantations- und Injektionsexperimenten</li>   <li>– Konstruktion von Regelkreismodellen (↔ Lehrplan 11/12: Reflexe)</li> </ul>

**Ausgeschlossen: Zelluläre und molekulare Mechanismen der hormonellen Steuerung**

## 2.2 ZELLULÄRE KOOPERATION: BEISPIEL IMMUNSYSTEM

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Angeborene Immunantwort</b>                      Die angeborene Immunantwort erfordert keine vorherige Lernphase. Sie wird vererbt und besteht von Geburt an. Als Antwort auf das Eindringen eines Fremdkörpers (Bakterien, Viren, Allergene) kommt es zu einer akuten Entzündungsreaktion. Hierbei kommen verschiedene Zellen des Immunsystems (Phagocyten, Mastocyten, Monocyten, Granulocyten) zum Einsatz. Diese erste Reaktion dauert an, bis die Fremdkörper durch Phagocytose eliminiert worden sind. Die Symptome einer Entzündung sind: Röte, Wärme, Schwellung und Schmerz infolge erhöhter Blutzufuhr und der Freisetzung chemischer Signalstoffe durch bestimmte Blutzellen.</p> <p><b>Erworbene Immunantwort</b>                      Die erworbene Immunantwort ergänzt die angeborene Immunantwort. Sie beruht auf dem Zusammenspiel bestimmter weißer Blutkörperchen, den Lymphozyten. Zwei Immunreaktionen werden zeitgleich ausgelöst: die humorale Immunantwort, in deren Verlauf aus B-Lymphocyten Plasmazellen entstehen und die zelluläre Immunantwort durch die T<sub>8</sub>-Lymphocyten (Bildung von T-Killerzellen). Je nach Allergentyp überwiegt die eine oder die andere Immunantwort.</p> <p>Nach Erstkontakt mit einem Antigen (Erkennungsphase) bilden sich antigenpräsentierende Zellen, welche die Selektion und die Vermehrung kompetenter T4-Lymphocyten bewirken. Diese lösen durch Selektion, klonale Vermehrung und Differenzierung eine von B- und T-Zellen getragene erworbene Immunantwort aus.</p> <p>Die Koordinierung zwischen den verschiedenen Phasen der erworbenen Immunantwort erfolgt über chemische Signalstoffe (Interleukine, ...) oder über direkten Zell-Zellkontakt der beteiligten Zellen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikroskopische Untersuchung verschiedener Immunzelltypen und Organe des Immunsystems</li> <li>– die Wirkungen einer Entzündungsreaktion beobachten</li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>In der Effektor-Phase der humoralen Immunantwort produzieren Plasmazellen antigenspezifische Antikörper. Die Bindung von Antikörper und Antigen führt zu einem Immunkomplex, welcher die Phagozytose (durch Makrophagen) oder die Zerstörung des Antigens befördert.</p> <p>In der Effektor-Phase der zellulären Immunantwort differenzieren T-Lymphozyten zu cytotoxischen T-Lymphozyten (T-Killerzellen), welche die infizierten Zellen zerstören.</p> <p>Die T<sub>4</sub>-Lymphozyten (T-Helferzellen) nehmen in der Kooperation der Zellen eine zentrale Stelle ein. Ihre Zerstörung durch das HI-Virus führt zu der Erworbenen Immunschwäche-Krankheit AIDS.</p> <p><b>Die Variabilität des immunologischen Erscheinungsbilds (Phänotyps)</b>                  Einige Zellen der erworbenen Immunantwort bleiben als Gedächtniszellen über lange Zeiträume erhalten. Dieses Immungedächtnis erlaubt eine schnellere und stärkere zweite Immunantwort gegenüber dem Antigen.</p> <p>Das Prinzip der aktiven Schutzimpfung beruht auf dem Immungedächtnis. Die Injektion von immunogenen (das Immunsystem aktivierenden), jedoch nicht pathogenen (krankheitsauslösenden) Stoffen löst die Bildung von Gedächtniszellen aus, die gegen den Krankheitserreger gerichtet sind. Es wird zur Prävention eingesetzt.</p> <p>Unter der passiven Schutzimpfung versteht man den therapeutischen Einsatz eines Serums, welches Antikörper gegen einen Krankheitserreger besitzt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- experimentelle Darstellung der Immunkomplexbildung (Präzipitintest)</li> </ul>

**Ausgeschlossen: verschiedene Antikörperspezies**

## 2.3 EVOLUTION

### 2.3.1 Vom Genotyp zum Phänotyp

Dieser Teil stützt sich auf Wissen, das in der 10. Klasse erworben wurde (und gegebenenfalls durch die Antiparallelität der DNA-Stränge ergänzt wird). Dieses Wissen wird – wo erforderlich - im Laufe des Kapitels reaktiviert (Struktur der DNA, zwei komplementäre und antiparallele Stränge).

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Expression des Genotyps</b>                      Die Transkription ist die Synthese einer mRNA im Zellkern, die dem codogenen (transkribierten) Strang der DNA komplementär ist. Diese mRNA ist Mittler zwischen DNA und Proteinen. Die RNA-Polymerase ist für die Transkription der DNA in 3'-5'-Richtung verantwortlich.</p> <p>Die Proteinbiosynthese findet im Cytoplasma an den Ribosomen statt. Der genetische Code beschreibt die Zuordnung der Nucleotidsequenz zur Aminosäuresequenz des Proteins. Bei der Translation werden die mit einer spezifischen Aminosäure beladenen tRNA-Moleküle in einer durch die (Nucleotidsequenz der) mRNA vorgegebenen Reihenfolge eingesetzt. Die Aminosäuresequenz ergibt sich folglich aus dem (komplementären) Erkennungssystem von Codon (mRNA) und Anticodon (tRNA).</p> <p>Verschiedene interne und externe Faktoren können die Genexpression steuern. Bei Prokaryoten und/oder Eukaryoten wurden Regulationsmechanismen der Genexpression gefunden.</p> <p><b>Universalität des genetischen Codes.</b>                      Die Erzeugung transgener Organismen (Transgenese) beruht auf der Universalität des genetischen Codes.                      Natürliche Transgenese beruht im Wesentlichen auf der Genübertragung durch Bakterien (Plasmide) und Viren.                      Die experimentelle Transgenese umfasst mehrere Schritte: Identifizierung <i>und Isolierung</i> des gewünschten Gens, Herausschneiden des Gens <i>mithilfe von Restriktionsenzymen</i>, Vervielfältigung des Gens <i>mithilfe der PCR</i>, Einbau des Gens, <i>Überprüfen der gelungenen Genübertragung</i>.                      Die in der Grundlagenforschung gewonnenen Erkenntnisse sind in den Bereichen Gesundheit und Biotechnologie einsetzbar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendung eines datenbank-basierten Programms zur Veranschaulichung der Transkription.</li>   <li>– Verwendung eines datenbank-basierten Programms zur Veranschaulichung der Translation</li>   <li>– Untersuchung des Phänomens (der Genregulation) an einem <u>einfachen</u> Beispiel (↔ Lehrplan 11/12: Regelreise für Reflexe und Hormonregulation)</li>   <li>– <i>ein einfaches Anwendungsbeispiel aus der Praxis untersuchen (Vorschläge: Gentechnische Herstellung eines Wachstumshormons/von Insulin, Gentherapie, Bt-Mais, Verwendung von Agrobacterium tumefaciens als Vektor, Antisense-Technik,...) (↔ Lehrplan 11/12: Viren und Bakterien als Krankheitserreger in der Immunbiologie)</i></li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Der Ursprung neuer Phänotypen</b>                      Die DNA-Polymerase führt die identische Replikation (Verdopplung) der DNA durch. Dieser Vorgang kann zu Fehlern führen, die normalerweise korrigiert werden, anderenfalls entstehen punktuelle Mutationen.</p> <p>Diese Mutationen (Substitution, Addition, Deletion eines oder mehrerer Nukleotide) führen zu neuen Allelen. Die Auswirkungen auf den verschiedenen Ebenen des Phänotyps (makroskopisch, zellulär, molekular) können verschieden sein (stille Mutation, missense- und nonsense-Mutationen).                      Eine Mutation entsteht entweder in einer somatischen Zelle (und bleibt in einem Klon dieser Zelle erhalten) oder in einer Keimbahnzelle (Mutation wird vererbt).</p> <p>Mutagene erhöhen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Mutationen.</p> <p>Mutationen sind zufällige Ereignisse und Ursache für die Entstehung neuer Allele. Sie führen zu erhöhter Allelvielfalt (Polyallelismus) innerhalb einer Population der entsprechenden Spezies.  <i>Die Diversität der Allele ist Teil der Biodiversität.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendung eines datenbank-basierten Programms zur Untersuchung von Allelsequenzen und Aminosäuresequenzen (Proteine) (↔ Lehrplan 10: Enzymatik)</li>   <li>– experimentelle Untersuchung eines Mutagens</li> </ul>

**Ausgeschlossen: Die verschiedenen Techniken zur Herstellung gentechnisch veränderter Organismus sollen verstanden und bewertet werden, sollen jedoch nicht als reproduzierbares Wissen abgefragt werden.**

**2.3.2 Weitergabe der genetischen Information**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Meiose und Befruchtung als Grundlage für genetische Stabilität und Variabilität</b></p> <p>Die Weitergabe der genetischen Information von Generation zu Generation wird durch die sexuelle Fortpflanzung sichergestellt und erfordert einen (Kern-) Phasenwechsel. Bei den Eukaryoten findet die Meiose in zwei aufeinanderfolgende Teilungen statt, denen eine (einzige) Replikation vorangeht. Sie ermöglicht den Übergang von der diploiden zur haploiden Phase.</p> <p>Die Befruchtung stellt ihrerseits die Rückkehr von der haploiden zur diploiden Phase sicher.</p> <p>Bei Diplonten liegt ein Gen in zwei gleichen Allelen (homozygot) oder in zwei unterschiedlichen Allelen (heterozygot) vor. Je nach Expressionsgrad der (eines oder beider) Allele spricht man von dominant/rezessiv bzw. von codominant.</p> <p>Durch das Auftreten unterschiedlicher Allele können die Folgen eines chromosomalen Crossing-over (einer chromosomalen Überkreuzung) überprüft werden. Durch interchromosomales Crossing-over (unterschiedliche Gene) und intrachromosomales Crossing-over (identische Gene) wird sichergestellt, dass es im Verlauf der Meiose zur Rekombination der Allele von Genen kommt. Hieraus resultiert (potenziell) eine unendlich große Anzahl unterschiedlicher Gameten.</p> <p>Die zufällige Verteilung väterlicher und mütterlicher Chromosomen auf die Tochterzellen sowie das Crossing-Over, das Stückaustausch zwischen homologen Chromosomen ermöglicht (→ Entkopplung), führen zu einer Rekombination der Allele im Laufe der Meiose. Hieraus resultiert eine potenziell unendlich große Anzahl unterschiedlicher Gameten.</p> <p>Die zufällige Kombination männlicher und weiblicher Gameten bei der Befruchtung erhöht die durch meiotische Rekombination hergebrachte genetische Variabilität weiter.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untersuchung von haploiden und diploiden Lebenszyklen</li> <li>– mikroskopische Abbildungen von Zellen während der Meiose ordnen, benennen und interpretieren (↔ Lehrplan 11/12: mikroskopische Untersuchung von Hodendrüsen)</li> <li>– Gameten und die einzelnen Schritte der Befruchtung lichtmikroskopisch untersuchen und die Beobachtungen aus genetischer Sicht interpretieren</li> <li>– eine einfache statistische Studie einer interchromosomalen sowie einer intrachromosomalen Rekombination durchführen und die Ergebnisse einer Meiose mittels einer Testkreuzung überprüfen</li> <li>– die beiden Formen der Rekombination in Schemata veranschaulichen</li> <li>– Veranschaulichung der Variabilität der Gameten und der hieraus resultierenden Zygoten</li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p>Während der Meiose können Anomalien auftreten. Ein unsymmetrisches Crossing-over führt zuweilen zur Genduplikation. Diese Gene evolvieren anschließend unabhängig und bilden eine multigene Familie. Eine ungleiche Wanderung von Chromosomen zu den Zellpolen erzeugt Gameten mit vom Normalfall abweichenden Chromosomenzahlen. Diese Mechanismen können zu günstigen oder ungünstigen genetischen Veränderungen führen.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Verwendung eines datenbank-basierten Programms zum Vergleich der verschiedenen Gensequenzen innerhalb einer multigenen Familie</li><li>– Beobachtung vom Normalfall abweichender Karyotypen</li></ul>

***Ausgeschlossen: Detaillierte Beschreibung der Meiose-Phasen ist nicht Teil des Lehrplans***

**2.3.3 Die Evolution**

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><b>Die Evolutionsmechanismen</b>                      In einer gegebenen ökologischen Nische verschaffen bestimmte Allele den Individuen höhere Überlebens- und Fortpflanzungschancen für sich und ihre Nachkommen. Diese Allele werden somit häufiger, andere seltener. Dieser als natürliche Selektion bezeichnete Evolutionsmechanismus führt zur Anpassung der Art an die Umweltbedingungen und somit zu ihrer Weiterentwicklung.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gegenüberstellung der Thesen Lamarcks und Darwins an einem einfachen Beispiel</li> </ul>
<p><i>In geographisch voneinander isolierten Populationen häufen sich genetische Unterschiede zwischen ihnen an.</i></p> <p><i>Die Gendrift ist eine zufällige Abweichung von der Allelfrequenz. Sie ist umso bedeutsamer, je kleiner die Population ist.</i></p> <p><i>Wenn die Unterschiede ausreichend groß sind, können sich Populationen zu neuen Arten entwickeln. Eine Art kann als eine Population aus Individuen aufgefasst werden, die von den anderen Populationen ausreichend genetisch isoliert ist.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendung eines einfachen (Computer-)modells zum Verdeutlichung der geographischen Isolation</li> <li>– Verwendung eines einfachen (Computer-)modells zur Verdeutlichung der Gendrift</li> </ul>
<p><b>Evolution des Menschen</b>                      Der Mensch, <i>Homo sapiens</i>, kann aus der Sicht der Evolutionslehre wie jede andere Art aufgefasst werden. Er weist eine evolutive Geschichte auf, die sich kontinuierlich fortsetzt. Seine Geschichte ist Teil der Geschichte der Primaten. Die Einordnung (Klassifikation) des Menschen in das System der Tiere, der Säugetiere und schließlich der Primaten beruht auf seinen charakteristischen, abgeleiteten Merkmalen.</p> <p><i>Mensch und Schimpanse haben einen nur ihnen gemeinsamen Vorfahren. Der Vergleich von Proteinen und DNA mittels verschiedener Verfahren hat gezeigt, dass sie sich genetisch sehr nahe stehen.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendung eines datenbank-gestützten Programms zur Untersuchung der Verwandtschaft der Lebewesen unter Einbeziehung des Menschen</li> <li>– den Menschen in das natürliche System einordnen</li> <li>– Auswertung experimenteller Ergebnisse (DNA-Hybridisierung, Genomsequenzierung, immunbiologische Verfahren, usw.) und/oder der Einsatz datenbank-gestützter Programme zur Klärung der Verwandtschaftsbeziehungen von Mensch und rezenten Menschenaffen (↔ Lehrplan 11/12: Antigen-Antikörperreaktionen, immunbiologische Tests)</li> </ul>

KONZEPTE UND INHALTE	PRAKTISCHE HINWEISE
<p><i>Die Gattung Mensch wird rezent (aktuell) nur durch eine einzige Art vertreten. In der Vergangenheit haben mehrere Menschenarten einander abgelöst und auch gleichzeitig existiert. Die Gattung Homo umfasst folglich den rezenten Mensch und Fossilien, welche eine Rückbildung des Gesichtsschädels (Schnauze), Sexualdimorphismus, ein vorverlagertes Hinterhauptloch, einen parabolischen Zahnbogen Bipedie, die Fähigkeit zu schnellem Lauf, usw. aufweisen.</i></p> <p><i>Die Herstellung sehr/vieler unterschiedlicher Werkzeuge und die Vielfalt kultureller Verhaltensweisen sind eng mit der Gattung Mensch verknüpft, wenn auch nicht ausschließlich auf diese beschränkt.</i></p> <p><i>Kein Fossil kann mit absoluter Sicherheit als ein direkter Vorfahre des Menschen oder des Schimpansen angesehen werden. Die genaue Gestalt des phylogenetischen Stammbaumes der Gattung Homo bleibt in den Details umstritten.</i></p>	<p>– <i>anatomische Belegstücke einer fossilen Art untersuchen und daraufhin auswerten, ob sie der Gattung Homo zuzurechnen sind</i></p>

**Ausgeschlossen: die abgeleiteten Merkmale des Menschen werden zur Konstruktion einer phylogenetischen Klassifikation zur Verfügung gestellt. Sie werden jedoch nicht als rein reproduzierbares Wissen abgefragt.**

### 3 Operatoren

<b>Operator<sup>1</sup></b>	<b>Definition</b>
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Aspekte in einen Zusammenhang stellen, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen
begründen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten beziehungsweise kausale Zusammenhänge zurückführen
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte, Prozesse und Eigenschaften von Objekten in der Regel unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben
bewerten	einen Sachverhalt nach fachwissenschaftlichen oder fachmethodischen Kriterien oder einem persönlichen und gesellschaftlichen Wertebezug begründet einschätzen
erklären	Strukturen, Prozesse oder Zusammenhänge des Sachverhalts erfassen und auf allgemeine Aussagen oder Gesetze zurückführen
erläutern	Strukturen, Prozesse oder Zusammenhänge des Sachverhalts erfassen und auf allgemeine Aussagen oder Gesetze zurückführen und durch zusätzliche Informationen oder Beispiele verständlich machen
interpretieren	Sachverhalte oder Zusammenhänge im Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen
nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten, Fakten ohne Erläuterung wiedergeben
planen	zu einem vorgegebenen Problem Lösungswege entwickeln
untersuchen	Sachverhalte oder Objekte zielorientiert erkunden, Merkmale und Zusammenhänge herausarbeiten
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausarbeiten
zeichnen	eine anschauliche und hinreichend exakte grafische Darstellung anfertigen

<sup>1</sup> Bearbeitet nach der Operatorenliste der KMK: Operatoren\_Ph\_Ch\_Bio\_Februar\_2013