

Format UE

Kompetenzorientierter Unterricht Klasse 9 und 10 *Humangenetik*

Erkenntnisse der Naturwissenschaften prägen das Weltverständnis in zunehmendem Maße, ihre praktische Umsetzung durch Medizin und Technik gestaltet die Lebensweise der Menschen fundamental. Eine reflektierte Teilhabe an der modernen Welt ist daher ohne eine naturwissenschaftliche Grundbildung nicht möglich. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse bilden zusammen mit ethischen Grundsätzen die Grundlage zur Bildung von Werten und Normen, die für ein verantwortliches Handeln in der Gesellschaft unerlässlich sind. Insofern sind die Naturwissenschaften an der Persönlichkeitsentwicklung der Schülerinnen und Schüler wesentlich beteiligt und stellen einen unabdingbaren Bestandteil der Allgemeinbildung dar. Bildungsplan 2004, S. 172

In allen naturwissenschaftlichen Fächern sollen Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Erkenntnisse und deren Anwendungen nachvollziehen und sie im gesellschaftlichen Kontext bewerten. Bildungsplan 2004, S. 173

1. Standards

Grundlegenden biologischen Prinzipien

- *Zelluläre Organisation*: Alle Lebewesen sind aus Zellen aufgebaut. Zellen vermehren sich durch Teilung.
- *Reproduktion*: Lebewesen pflanzen sich fort und geben die Erbinformation nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten an ihre Nachkommen weiter.
- *Variabilität*: Mutation und Rekombination sind die Ursache für die Variabilität.

Standards Klasse 10

Die Schülerinnen und Schüler können...

- den Ablauf der Mitose beschreiben und ihre Bedeutung erläutern;
- mikroskopische Präparate von Mitosestadien herstellen und analysieren;
- die MENDELSCHEN Regeln auf einfache Erbgänge und zur Stammbaumanalyse anwenden
- an Beispielen erläutern, dass Veränderungen der Erbsubstanz zu Erbkrankheiten führen können. Sie kennen die Bedeutung der genetischen Beratung.

zusätzlich möglich:

- Mutation und Selektion als wichtige Evolutionsfaktoren erläutern.
- Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass eine gezielte Veränderung der Erbinformation möglich ist. Sie erkennen Nutzen und Risiken dieser Eingriffe.

2. Vorbemerkungen

Bei der Planung der hier vorgestellten Unterrichtseinheit *Humangenetik* wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen. Inhaltliche Schwerpunkte sind die Themenbereiche *Erbkrankheiten*, *Stammbaumanalyse* und *genetische Beratung*. Voraussetzung für die Erarbeitung ist, dass die Schülerinnen und Schüler ein solides Grundwissen über *Mitose*, *Meiose* und die *Mendelsche Vererbung* haben. Ihnen ist der Aufbau der DNA und deren spezifische Übersetzung in Proteine bekannt. Vor diesem Hintergrund wurden der Mutationsbegriff und verschiedene Mutationsformen erarbeitet. Der Themenbereich *Mutation und Selektion als wichtige Evolutionsfaktoren* kann unterrichtsbegleitend zur Einheit *Reproduktion und Vererbung* (PP-Datei „Verlauf“) erarbeitet werden. Dabei bietet es sich an,

die natürliche Selektion im Sinne Darwins mit der künstlichen Selektion von Nutzpflanzen und Haustieren durch den Menschen vor dem Hintergrund der Mendelschen Vererbung und dem Wissen um die Vorgänge bei der Meiose zu verknüpfen. Ein weiterer Anknüpfungspunkt sind bestimmte Erbkrankheiten (Datei „Lernzirkel Erbkrankheiten“), die ihrem Träger einen Selektionsvorteil gegenüber Gesunden einräumen. Insgesamt sollten die Möglichkeiten der Vernetzung innerhalb der Themen Genetik und Evolution, sowie der Sekundarstufe I mit der Kurstufe genutzt werden. Beispielhaft dafür steht auch der Hinweis auf das Sparsamkeitsprinzip im Zusammenhang mit den Themen Stammbauanalyse und Vererbungsmuster. Dasselbe methodologische Prinzip findet bei der Erstellung und Bewertung phylogenetischer Stammbäume Verwendung und kann dort wieder aufgegriffen werden.

Ein weiteres Anliegen bei der Konzeption der Unterrichtseinheit ist, dass Kollegen ihr bereits vorhandenes Arbeitsmaterial einsetzen und ohne große Mühen und Mehrarbeitsaufwand adaptieren können. Die vorgestellten Materialien sollen exemplarisch zeigen, wie Schülerinnen und Schüler Kompetenzen aus unterschiedlichen Bereichen erwerben, sichern und erweitern können. Aus diesem Grund sind die Materialien sehr umfangreich und gehen damit auch über die von den Standards geforderten Inhalte hinaus (z.B. gonosomale Erbgänge; PND; verschiedene Erbkrankheiten im Lernzirkel).

3. Kompetenzanalyse/Kompetenzexegese

Leitgedanken zum Kompetenzerwerb der Naturwissenschaften Bildungsplan 2004, S.174f

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- ... naturwissenschaftliche Fragestellungen mit vorgegebenen Anweisungen und Hilfsmitteln erschließen;
- ... verschiedene Informationsquellen erschließen, nutzen und Informationen kritisch und gezielt auswählen;
- ... Probleme analysieren, Lösungsstrategien entwickeln und diese sachgerecht diskutieren;
- ... Texte und grafische Darstellungen interpretieren, Kernaussagen erkennen, diese mit erworbenen Wissen verknüpfen und daraus Schlüsse ziehen;
- ... eigene Darstellungen strukturieren, auf das Wesentliche reduzieren und sachlogisch argumentieren;
- ... aus Einzelerkenntnissen Regeln ableiten und deren Gültigkeit überprüfen;
- ... Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten auf vergleichbare Sachverhalte übertragen;
- ... Möglichkeiten und Folgen ihres eigenen Handelns erkennen und Konsequenzen im Sinne der Nachhaltigkeit ziehen;
- ... die Fachsprache angemessen verwenden;
- ... konkrete Sachverhalte mit Symbolen, Formeln, Gleichungen, Diagrammen und Simulationen darstellen und veranschaulichen;
- ... die Erfolge und Grenzen naturwissenschaftlichen Arbeitens und naturwissenschaftlicher Erkenntnis aufzeigen;
- ... den Beitrag naturwissenschaftlicher Erkenntnis für das eigene Leben und für die eigene Gesundheit erkennen.

Leitgedanken zum Kompetenzerwerb und übergeordnete Kompetenzen im Fach Biologie Bildungsplan 2004, S. 202f

- Die biologische Grundbildung der Schülerinnen und Schüler dient auch als Basis für viele Diskussionen in gesellschaftswissenschaftlichen Fächern. Sie trägt damit zum Verständnis unserer Lebenswelt bei, sie ist ein unentbehrlicher Bestandteil der Allgemeinbildung.

Die Schülerinnen und Schüler können...

- ...Phänomene des Lebens beschreiben, analysieren, vergleichen und erklären;
- ...grundlegende biologische Prinzipien und Erklärungskonzepte anwenden;
- ...den Beitrag naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für das eigene Leben und für die eigene Gesundheit begreifen;
- ...wissenschaftliche Ergebnisse und Prognosen der Biowissenschaften nachvollziehen;
- ...Tragweite und Grenzen biowissenschaftlicher Aussagen und Methoden beurteilen;
- ...Aussagen zu biologischen Fragestellungen aus unterschiedlichen Perspektiven und auf der Grundlage von Fachkenntnissen sachgerecht bewerten.

Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, KMK 2004, S. 8-15

Fachwissen

Lebendige Systeme besitzen spezifische Eigenschaften. Solche Eigenschaften sind bei Zelle und Organismus z. B. Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, Informationsverarbeitung, Bewegung sowie die Weitergabe und Ausprägung genetischer Information. Zelle und Organismus stehen in Wechselwirkung zu ihrer Umwelt. Zu den Eigenschaften eines Ökosystems und der Biosphäre gehören Wechselwirkungen zwischen belebter und unbelebter Natur sowie Stoffkreisläufe und Energiefluss.

Lebendige Systeme sind gekennzeichnet durch genetische und umweltbedingte Variationen und die Möglichkeit zur individuellen und evolutionären Entwicklung. Die Systemeigenschaften Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, Informationsverarbeitung, Bewegung sowie die Weitergabe und Ausprägung genetischer Information sind gekennzeichnet durch Struktur und Funktion.

Schülerinnen und Schüler ...

- ... beschreiben und erklären Struktur und Funktion von Organen und Organsystemen, z. B. bei der Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung, Informationsverarbeitung, Vererbung und Reproduktion;
- erklären die Variabilität von Lebewesen;
- kennen und erörtern Eingriffe des Menschen in die Natur und Kriterien für solche Entscheidungen.

Erkenntnisgewinn

Biologische Erkenntnisse über verwandtschaftliche Beziehungen, z. B. zwischen Arten sowie über ökologische Ähnlichkeiten und Unterschiede erwerben die Lernenden mit Hilfe des kriterienbezogenen Beobachtens und Vergleichens. Dies schließt auch die Auseinandersetzung mit der Evolutionstheorie ein.

Modelle und Modellbildung kommen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess von Schülerinnen und Schülern besonders dann zur Anwendung, wenn sie komplexe Phänomene bearbeiten oder veranschaulichen.

Schülerinnen und Schüler ...

- ... mikroskopieren Zellen und stellen sie in einer Zeichnung dar;
- analysieren die stammesgeschichtliche Verwandtschaft bzw. ökologisch bedingte Ähnlichkeit bei Organismen durch kriteriengeleitetes Vergleichen;

- ... erörtern Tragweite und Grenzen von Untersuchungsanlage,-schritten und -ergebnissen;
- ... wenden Modelle zur Veranschaulichung von Struktur und Funktion an;
- ... beschreiben Speicherung und Weitergabe genetischer Information auch unter Anwendung geeigneter Modelle.

Kommunikation

Die Lernenden tragen ihre individuellen Alltagsvorstellungen in den Fachunterricht hinein und umgekehrt fachliche Konzepte und Fachsprache in die Alltagssprache zurück. Dadurch erreichen Schülerinnen und Schüler eine Diskursfähigkeit über Themen der Biologie, einschließlich solcher, die von besonderer Gesellschafts- und Alltagsrelevanz sind.

Schülerinnen und Schüler ...

- ... kommunizieren und argumentieren in verschiedenen Sozialformen;
- ... veranschaulichen Daten messbarer Größen zu Systemen, Struktur und Funktion sowie Entwicklung angemessen mit sprachlichen, mathematischen oder bildlichen Gestaltungsmitteln;
- ... stellen Ergebnisse und Methoden biologischer Untersuchung dar und argumentieren damit;
- ... referieren zu gesellschafts- oder alltagsrelevanten biologischen Themen;
- ... erklären biologische Phänomene und setzen Alltagsvorstellungen dazu in Beziehung;
- ... wenden idealtypische Darstellungen, Schemazeichnungen, Diagramme und Symbolsprache auf komplexe Sachverhalte an.

Bewertung

Auf der Grundlage eines basalen und vernetzten Fachwissens erwerben Lernende Kenntnisse über Organisationsstrukturen und -prozesse lebendiger Systeme, einschließlich der des eigenen Körpers.

Sie erschließen sich neue Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie und können sich dann am gesellschaftlichen, z. T. kontrovers geführten Diskurs beteiligen, wenn sie Bewertungskompetenz entwickelt haben.

Schwerpunkte einer ethischen Urteilsbildung im weitesten Sinne sind im Biologieunterricht Themen, die das verantwortungsbewusste Verhalten des Menschen gegenüber sich selbst und anderen Personen sowie gegenüber der Umwelt betreffen.

Kriterien für Bewertungen liefern Grundsätze einer nachhaltigen Entwicklung sowie zwei grundlegende ethische Denktraditionen. Die eine stellt in erster Linie die Würde des Menschen in den Mittelpunkt und sieht diese als unantastbar an, die andere orientiert sich letztlich am Wohlergehen des Menschen bzw. am Schutz einer systemisch intakten Natur um ihrer Selbst willen.

Bevor Schülerinnen und Schüler die eigentliche Bewertung vornehmen, klären sie die biologischen Sachverhalte und erfassen die mögliche Problematik. Dabei nehmen sie in unterschiedlicher Weise die familiäre Perspektive oder die Sichtweise des Freundeskreises, die Perspektive einzelner Gruppen in der Gesellschaft, einer anderen Kultur, der Gesetzgebung oder auch die Dimension der Natur ein. Zu dieser Fähigkeit des Perspektivenwechsels gehört auch, sich in die Rolle eines anderen Menschen einzufühlen und Verständnis dafür zu entwickeln, dass jemand anders denkt und sich daher anders entscheidet als man selbst. Dies erleichtert es, sich des eigenen Toleranzrahmens bewusst zu werden und diesen zu erweitern. Schülerinnen und Schüler setzen beim systematischen Bewerten von Handlungsmöglichkeiten diese mit ethischen Werten in Beziehung. Lernende sollen selbst ein eigenes oder auch fremdes, andersartiges Urteil begründen können. Auf dieser Basis vertreten sie unter Berück-

sichtigung individueller und gesellschaftlich verhandelbarer Werte einen eigenen Standpunkt. Durch die ethische Bewertung wird die naturwissenschaftliche Perspektive im engeren Sinne ergänzt. Dies impliziert wiederum multiperspektivisches Denken. Beides ist wesentlicher Bestandteil eines modernen Biologieunterrichts.

Schülerinnen und Schüler ...

- ... unterscheiden zwischen beschreibenden (naturwissenschaftlichen) und normativen (ethischen) Aussagen;
- ... beurteilen verschiedene Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit und zur sozialen Verantwortung;
- ... beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte.

4. Hinweis auf Kriterien kompetenzorientierten Unterrichts

Methodisch ist die Konzeption der Unterrichtseinheit vor allem durch umfangreiche Möglichkeiten zur **Diagnose** gekennzeichnet. Unter dem Stichwort **Transparenz** werden hier alle methodischen Maßnahmen verstanden, die den Schülerinnen und Schülern deutlichen machen welche Ziele zu erreichen sind und welche Fortschritte sie bereits erzielt haben. Darüber hinaus zeigt sich die Kompetenzorientierung dieser Unterrichtseinheit durch **Eigenständigkeit, Handlungsorientierung, Intelligentes Üben und Anwenden** und **Differenzierung**.

5. Unterrichtseinheit

Verlauf	Kompetenzbereiche KMK	Hinweise auf Kriterien kompetenzorientierten Unterrichts	vorhandene Materialien (Dateiname)
Erarbeitung grundlegender Unterrichtsinhalte mit Hilfe eines Selbstlernprogrammes am Beispiel „Mitose“	Fachwissen Kommunikation	Eigenständigkeit Handlungsorientierung Differenzierung Diagnose und Förderung Transparenz	„Selbstlernprogramm Mitose“
Überprüfung des Vorwissens über Mitose, Meiose, Mendel, DNA, Proteine, Mutation	Fachwissen	Differenzierung Diagnose und Förderung Transparenz	„Begriffe Repetition“ „Vortest“ „Diagnosebogen Mit Mei Ver“
Fallbeschreibung Familie Michael Reichle Problematisierung Erarbeitung Sicherung	Fachwissen Kommunikation Bewertung	Problemorientierung Handlungsorientierung Eigenständigkeit Kontextbezug Vernetzung Intelligentes Üben Transparenz	„Familie Reichle Marfan“
Familie Schwarz Erarbeitung Sicherung	Fachwissen Erkenntnisgewinnung Kommunikation	Problemorientierung Handlungsorientierung Eigenständigkeit Vernetzung Intelligentes Üben Differenzierung	„Humangenetik“ „Stammbaumanalyse Vererbungsmuster“

		Transparenz	
Lernzirkel Erbkrankheiten Erarbeitung Sicherung Vertiefung	Fachwissen Erkenntnisgewinnung Kommunikation Bewertung	Exemplarisches Arbeiten Problemorientierung Handlungsorientierung Eigenständigkeit Kontextbezug Vernetzung Intelligentes Üben Differenzierung Transparenz	„Lernzirkel Erbkrankheiten“
Stammbaum Familie Reichle Erarbeitung Sicherung Vertiefung	Fachwissen Erkenntnisgewinnung Kommunikation	Exemplarisches Arbeiten Problemorientierung Handlungsorientierung Eigenständigkeit Differenzierung Förderung Intelligentes Üben	„Marfan Hilfen“
Michaels Kinder (Genetische Beratung) Erarbeitung Sicherung	Fachwissen Kommunikation Bewertung	Exemplarisches Arbeiten Problemorientierung Handlungsorientierung Eigenständigkeit Kontextbezug Vernetzung Intelligentes Üben Differenzierung Transparenz	„PND“ „Familie Reichle Marfan“
Diagnose		Diagnose und Förderung Transparenz	„Diagnosebogen Kompetenz“ „Faltblatt“
Vorbereitung Klassenarbeit		Intelligentes Üben Transparenz	„Schülerfragen“

6. Ergänzende Hinweise zur Unterrichtseinheit

Exemplarisch soll am Beispiel der Mitose (Datei „*Selbstlernprogramm Mitose*“) gezeigt werden, wie Eigentätigkeit und Eigenverantwortlichkeit gefördert werden können. Die Dateien „*Begriffe Repetition*“, „*Vortest*“ und „*Diagnosebogen Mit Mei Ver*“ bieten verschiedene Alternativen zur Diagnose des notwendigen Vorwissens. Den Schülerinnen und Schülern wird dabei neben der aktiven Wiederholung auch die Möglichkeit zur eigenständigen Nacharbeit angeboten.

Als roter Faden der Unterrichtseinheit dient der konstruierte Fall der Familie Reichle (Datei „*Familie Reichle Marfan*“). Am Beispiel des 16-jährigen Michaels werden die Schülerinnen und Schüler mit der Problematik einer Erbkrankheit (hier: Marfan-Syndrom) konfrontiert. Sie erarbeiten sich mit unterschiedlichen Materialien Fachwissen über diese Krankheit, die Grundlagen der Humangenetik und Möglichkeiten der Pränataldiagnostik. Die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Bewertung werden dabei ebenfalls in den Fokus der Kompetenzorientierung gerückt. Nach der Fallbeschreibung erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe eines Textes Grundwissen über das Marfan-Syndrom.

Die Themen Stammbaumanalyse und Humangenetik werden über das Stammbaumschema der ebenfalls vom Marfan-Syndrom betroffenen Familie Schwarz eingeführt und problematisiert. Dabei werden die Grundlagen der Humangenetik mithilfe eines Arbeitsblattes (Datei „*Humangenetik*“) erarbeitet. Die Anwendung der Mendelschen Regeln auf die Vererbung bei Menschen (Datei „*Stammbaumanalyse Vererbungsmuster*“) liefert den Schülerinnen und Schülern das notwendige Werkzeug für die Analyse des eingangs beschriebenen Stammbaums der Familie Schwarz. Darüber hinaus erarbeiten sie sich auch die Grundlagen für die Analyse weiterer autosomaler und gonosomaler Erbgänge. Die

tabellarische Zusammenfassung „*Vererbungsmuster mendelnder Gene beim Menschen*“ liegt in zwei Versionen vor, die sich in der Anzahl der für die Beurteilung von Erbgängen möglichen Indizien unterscheiden.

An dieser Stelle gibt es verschiedene Möglichkeiten die neuen Lerninhalte zu üben und zu festigen (Schulbücher, eigenes Material; Bils, W., Dürr, G. (1997). *Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in der Sekundarstufe II mit Lösungen* (4. Auflage). Wiesbaden: Quelle & Meyer Verlag ; Bils, W. (2010). *Warum die Erbse rund ist*. 1. Auflage. Wiesbaden: Quelle & Meyer Verlag). Eine andere Übungsform kann mithilfe von Simulationssoftware (Natura Simulationssoftware Klassische Genetik, Klett Verlag, ISBN 978-3-12-045282-9) erfolgen. Der im Folgenden vorgestellte Lernzirkel (Datei „*Lernzirkel Erbkrankheiten*“) bietet mehrere Möglichkeiten des methodischen Einsatzes. Der Lehrer kann verschiedenen Themen auswählen oder die Schülerinnen und Schüler nach Interesse wählen lassen. Eine Festlegung eines Fundamentum und eines Additum ist auch möglich. Hierbei kann in unterschiedlicher Weise auch nach Lerntempo, Schwierigkeit und/oder Sozialform differenziert werden. Das umfangreiche Material des Lernzirkels kann den Schülerinnen und Schülern auch über Moodle zur Verfügung gestellt werden.

Während längerer Schülerarbeitsphasen haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit Fragen oder Probleme auf ein DIN A5-Blatt zu notieren und an die linke Tafelhälfte zu heften. Schnellere oder leistungsstärkere Schüler nehmen sich der Fragen und Probleme an und schreiben die Antworten und Hilfen auf die Rückseite des Blattes (Schüler-Feedback). Nach Kontrolle des Lehrers werden die Blätter an der rechten Tafelhälfte angebracht und können dort eingesehen werden.

Im Anschluss an die Übungs- und Vertiefungsphase sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage für Michaels Familie einen begründeten Familienstammbaum zu erstellen (Datei „*Marfan Hilfe*“). Dabei wird eine weitere Form der Differenzierung vorgestellt. Durch abgestufte Hilfen können gute Schüler gefordert und bei schwächeren Schülern positive Lernerfolge erzielt werden.

Um verschiedenen Möglichkeiten pränataler Diagnostik kennenzulernen, erhalten die Schüler eine Rechercheaufgabe (Datei „*PND*“). Auch hier werden die Lernziele transparent gemacht, so dass die Schülerinnen und Schüler sich selbst einschätzen lernen und die von ihnen erwarteten Kompetenzen kennen, auch in Hinblick auf eine abschließende Leistungsfeststellung. Nach der Erarbeitung pränataler Diagnoseverfahren kann durch verschiedene Methoden die Bewertungskompetenz geschult werden. Hierzu bieten sich Rollenspiele, unterschiedliche Diskussionsformen (Dilemmadiskussion, Aquariumdiskussion), Ja-Nein-Abfragen (Schwarz-Weiß-Methode) oder das Schreiben eines Leserbriefs an (Datei „*Familie Reichle Marfan*“). Eine weitere Möglichkeit bestünde in der Durchführung eines Interviews. In der Familie, in der Schule oder auf der Straße könnten zum Thema Pränataldiagnose, Nutzen und Risiken, Interviews geführt werden, um weitere Argumente zu sammeln oder ein Meinungsbild zu erstellen.

Zwei Möglichkeiten der Endstandsdiagnose werden mit den Materialien „*Diagnosebogen Kompetenz*“ und „*Faltblatt*“ vorgestellt. Die Schülerinnen und Schüler füllen den Diagnosebogen in zweifacher Ausfertigung aus, um auch dem betreuenden Lehrer/in eine Rückmeldung über den Lernerfolg zu bieten. Dies ermöglicht im Anschluss gezielte individualisierte oder gruppenspezifische Fördermaßnahmen. Das Faltblatt ermöglicht den Schülerinnen und Schülern eine Überprüfung ihres Lernerfolges in der Diskussion.

Als konkrete Vorbereitung für eine Klassenarbeit sollen die Schülerinnen und Schüler auf der Basis ihres Heftes operationalisierte Aufgaben erstellen. Diese werden den Schülerinnen und Schülern als Aufgabenpool zur Verfügung gestellt (Datei „*Schülerfragen*“).