



Markus Wilhelm

NT: Biologie

Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren

Ich bin Klassenlehrer einer 3. Sek und sollte für diesen Herbst eine Unterrichtseinheit zum Thema «Evolution und Genetik» planen!

Was habe ich?

1. Lehrplan



3. Lehrmittel



2. Schülerinnen und Schüler



Aber wie gehe ich vor, damit auch naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen wie «strukturieren, modellieren, analysieren» nicht zu kurz kommen?

Situierung der Lehrplankompetenzen

Mehrjahresplanung für das Fach innerhalb des Zyklus

Der Lehrplan 21 gibt lediglich die Grundansprüche der jeweiligen Kompetenzen vor sowie die Kompetenzstufen, die bis zum Orientierungspunkt (Ende 1. Semester der 2. Sekundarklasse) erreicht werden sollten, nicht aber die konkrete Anordnung der Kompetenzen bzw. Kompetenzstufen im Jahresverlauf. Die hier vorgeschlagene Mehrjahresplanung (Abb. 1) ist eine von vielen Möglichkeiten (vgl. weitere Mehrjahresplanungen zu Natur und Technik in diesem Band) und hat zum Ziel, die Unterrichtsreihe «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren» in der Planung über die drei Schuljahre bei einer Stundendotation von wöchentlich drei NT-Lektionen zu situieren. Für jede Klassenstufe sind – durch Kombination der Lehrplankompetenzen – fortlaufend sechs Unterrichtsreihen definiert. Die jeweils siebte und letzte aufgeführte Unterrichtsreihe ist als inhaltliche Erweiterung bzw. Vertiefung der Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen vorgesehen und kann schon früher im Jahr ange- setzt werden.

Die Unterrichtsreihe «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren» umfasst rund 15-18 Lektionen und wird in der vorliegenden Mehrjahresplanung auf das Herbsthalbjahr des 3. Schuljahres gelegt. Dabei führt sie inhaltlich die Unterrichtsreihe «Körper und Geschlecht – analysieren, achten» weiter, bei der viele Phänomene der menschlichen Physiologie nur mittels Evolutionstheorie geklärt werden können (z.B. Laktoseintoleranz). Zudem bietet sie mit der evolutionsbiologischen Auseinandersetzung zur Artenvielfalt die zentrale Grundlage für die abschliessende Unterrichtsreihe «Terrestrische Ökologie – erforschen, beurteilen».

Hinsichtlich der Handlungsaspekte erweitert die Unterrichtsreihe das Ordnen und Modellieren, das an abiotischen Phänomenen eingeübt wurde (vgl. Unterrichtsplanung «Stoffeigenschaften – ordnen, vergleichen, modellieren») auf die etwas komplexeren biotischen Phänomene und geht darüber hinaus, in dem die Ordnungen bzw. die Modelle analysiert werden, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

| Inhalte | Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen | Kompetenzen |
|----------------------------------|---|--------------------|
| 1. Sekundarklasse | | |
| Aquatische Ökologie | untersuchen, beurteilen | NT9.1/9.2 |
| Stoffeigenschaften | vergleichen, ordnen, modellieren | NT2.11/2.12/1.1 |
| Stoffnutzung | vergleichen, laborieren | NT2.2 |
| Energienutzung | beschreiben, reflektieren | NT4.1/4.2 |
| Elektrische Phänomene | untersuchen, anwenden | NT5.2 |
| Körper und Kraft | erklären, übertragen | NT7.1/5.1 |
| <i>Inhaltliche Erweiterungen</i> | <i>Handlungsaspekte vertiefen</i> | <i>individuell</i> |
| 2. Sekundarklasse | | |
| Stoffumwandlungen | erforschen, erklären | NT3.11/3.2 |
| Zellen, Organe und Krankheiten | erforschen, erklären | NT8.2/1.1/7.4 |
| Sinne, Optik und Akustik | analysieren, modellieren | NT6.1/6.2 |
| Optische Geräte | untersuchen, anwenden | NT1.2/6.3 |
| Bewegung und Kräfte | erforschen, erklären | NT5.1/1.1 |
| Globale Ökologie | analysieren, beurteilen | NT3.3/9.2 |
| <i>Inhaltliche Erweiterungen</i> | <i>Handlungsaspekte vertiefen</i> | <i>individuell</i> |
| 3. Sekundarklasse | | |
| Körper und Geschlecht | analysieren, achten | NT7.2/3.12/7.3 |
| Evolution und Genetik | strukturieren, modellieren, analysieren | NT8.1/8.3/1.1 |
| Technik und Elektronik | bedienen, untersuchen | NT1.2/5.3 |
| Energieumwandlungen | analysieren, reflektieren | NT4.1/4.2 |
| Ressourcennutzung | beurteilen, handeln | NT1.3/3.3 |
| Terrestrische Ökologie | erforschen, beurteilen | NT9.2/9.3/3.12 |
| <i>Inhaltliche Erweiterungen</i> | <i>Handlungsaspekte vertiefen</i> | <i>individuell</i> |

Abb. 1: Möglicher Mehrjahresplan in Natur und Technik (3. Zyklus)

Unterrichtsplanungen**NT – Biologie – Evolution und Genetik****Kompetenzerwerb über die Zyklen hinweg****Fachkonzepte und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen**

Der Kompetenzerwerb in Natur und Technik (NT) erfolgt kontinuierlich über alle Zyklen hinweg. Das ist neu. Aber aufgrund des Bruchs im Lehrplan 21 von NMG des 1. und 2. Zyklus zu NT im 3. Zyklus sind für die Lehrpersonen des 3. Zyklus die direkten Übergänge und Vorkenntnisse nicht auf den ersten Blick sichtbar. Die folgenden Zusammenstellungen (Abb. 2a, 2b, 2c) stellen deshalb die Lehrplankompetenzen und -kompetenzstufen zur vorliegenden Unterrichtseinheit «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren» hinsichtlich Fachwissen bzw. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen über alle Zyklen hinweg in einer Gesamtsicht dar. Dabei wurden die Lehrplankompetenzen NMG.2.4, NMG.2.5 (1. und 2. Zyklus) und NT.8.1, NT.8.3, NT.1.1 (3. Zyklus) zu den drei folgenden Kompetenzen zusammengefasst:

- a) Artenvielfalt naturwissenschaftlich ordnen
- b) Artentwicklung strukturieren und analysieren
- c) Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung analysieren

Die drei zentralen Fachkonzepte dieser Kompetenzen im 3. Zyklus (Abb. 2a, 2b, 2c) umfassen folglich gemäss den verbindlichen Lehrplaninhalten:

- a) Biologische Ordnungssysteme: Artengruppen, Stammbäume, das Artkonzept
- b) Entwicklung und Veränderung der Lebewesen: Evolutionstheorie, molekulare Genetik, Gentechnik
- c) Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, am Beispiel der Biologie

Sie bauen auf analogen, aber einfacheren Konzepten des 1. und 2. Zyklus auf.

Die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, an denen im 3. Zyklus gearbeitet wird, entstammen alle dem Lehrplanhandlungsaspekt «Sich in der Welt orientieren»: strukturieren (in Beziehung setzen; in einen Zusammenhang stellen; systematisieren, vernetzen), modellieren (in Modellen denken, Analogien bilden; Gesetzmässigkeiten ableiten; generalisieren), analysieren (verifizieren, falsifizieren, interpretieren, bestätigen, schlussfolgern, begründen, deuten). Auch sie basieren auf Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, an denen zum gleichen Thema bereits in den vorangegangenen Zyklen gearbeitet wurde (z.B. wahrnehmen, beschreiben, untersuchen, erschliessen), vertiefen diese und führen sie fort (z.B. ordnen, vergleichen).

Forschungsfragen der Lernenden

Weil Kompetenzformulierungen zwar notwendig, aber oft sperrig sind (gerade bei ineinanderlaufenden Progressionen der Fachkonzepte/-inhalte und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen), hilft es, mögliche Forschungsfragen von Lernenden zu formulieren (Abb. 2a, 2b, 2c). Diese Forscherfragen beschreiben situationsbezogene Probleme, die das Erklärungsniveau der Lernenden innerhalb der jeweiligen Kompetenz exemplarisch umreissen. Die Forschungsfragen der Lernenden weisen ebenfalls eine Progression auf: Sie werden entweder thematisch spezifischer oder hinsichtlich naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen. Innerhalb der Kompetenz «Artenvielfalt naturwissenschaftlich ordnen» sind das zum Beispiel Fragen wie:

- » Wie kann ich Tiere und Pflanzen ordnen?
- » Wie ordnen Profis Tiere, Pflanzen und Pilze?
- » Warum könnten die Menschen, so wie die Gorillas, zu den Menschenaffen gehören?
- » Was spricht dafür, dass Teichfrosch, Wasserfrosch und Seefrosch verschiedene Arten sind, was dagegen?

| Zyklus | Kompetenzstufen aus Lehrplan 21 NMG.2.4 (1. und 2. Zyklus) NT.8.1 (3. Zyklus) | Beispiele von Forschungsfragen der Lernenden | Fachkonzepte und Fachinhalte | Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen |
|--------|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | a » ... können ausgewählte Pflanzen- oder Tiergruppen auf ihre Eigenschaften untersuchen sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede beschreiben [...]. | Kann ich Bäume unterscheiden? | Eigenschaften von Lebewesen: z.B. Eichen haben Blätter – Tannen haben Nadeln | wahrnehmen, beschreiben |
| | b » ... können ausgewählte Zuordnungen von Pflanzen und Tieren mithilfe ihrer Merkmale vornehmen. | Sind Fledermäuse Vögel oder Mäuse? | Eigenschaften von Lebewesensgruppen: z.B. Vögel haben Federn | ordnen |
| | c » ... können Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Pflanzen und Tieren [...] mit geeigneten Instrumenten untersuchen [...], Vergleiche anstellen sowie Informationen dazu suchen und wiedergeben. | Womit kann ich Bäume unterscheiden? | Eigenschaften von Lebewesensgruppen: z.B. Nadelbäume haben Zapfen | untersuchen, vergleichen, beschreiben |
| 2 | d » ... können Merkmale von Pflanzen und Tieren beschreiben, die diesen erlauben, in einem bestimmten Lebensraum zu leben [...]. | Was ist das Spezielle an Enten? | Spezifische Eigenschaften (Kriterien) von Lebewesen: z.B. Schwimmhäute der Enten | beschreiben, vergleichen |
| | e » ... können Pflanzen, Pilze oder Tiere eigenen Ordnungssystemen zuordnen und die verwendeten Kriterien begründen. | Wie kann ich Tiere und Pflanzen ordnen? | Eigene auf Kriterien beruhende Ordnungssysteme: z.B. Pflanzen nach Blattformen | ordnen, begründen |
| | f » ... können gebräuchliche Ordnungssysteme nutzen [...]. | Wie ordnen Profis Tiere, Pflanzen und Pilze? | Biologische Ordnungssysteme: Artengruppen z.B. Insekten nach Käfer, Wanzen, Libellen | ordnen, vergleichen |
| 3 | a » ... können Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen [...]. | Warum könnten die Menschen, sowie die Gorillas, zu den Menschenaffen gehören? | Biologische Ordnungssysteme: die Stammbäume | ordnen, modellieren, einschätzen |
| | c » ... können die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern [...]. | Was spricht dafür, dass Teichfrosch, Wasserfrosch und Seefrosch verschiedene Arten sind, was dagegen? | Grundlage der biologischen Ordnungssysteme: das Artkonzept | modellieren, einschätzen |

Abb. 2a: Aufbau der Kompetenz «Artenvielfalt ordnen und modellieren»

Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

| Zyklus | Kompetenzstufen aus Lehrplan 21 NMG.2.5 (1. und 2. Zyklus) NT.8.1b und 8.3 (3. Zyklus) | Beispiele von Forschungsfragen der Lernenden | Fachkonzepte und Fachinhalte | Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen |
|--------|--|---|--|--|
| 1 | a » ... können ihre Vorstellungen zur Geschichte der Erde und von Lebewesen nacherzählen [...] und in eigene zeitliche Vorstellungen einordnen. | Gab es schon vor den Dinosauriern Tiere? | Geschichte der Erde und der Lebewesen | erkennen, strukturieren |
| 2 | b » ... können Vermutungen zur Entwicklung und Veränderung von Lebewesen anstellen und im Austausch Vorstellungen für sich klären [...]. | Was war zuerst, das Huhn oder das Ei? | Geschichte der Erde und der Lebewesen | strukturieren, austauschen |
| | e » ... können Informationen zu Entwicklungen und Veränderungen [...] der Lebewesen zeitlich einordnen [...]. | Gab es gleichzeitig Dinosaurier und Menschen? | Entwicklung und Veränderung von Lebewesen | erschliessen, strukturieren |
| | f » ... können Spuren der Entwicklung der Landschaft und von Lebewesen in der Wohnregion erkunden sowie diese räumlich und zeitlich einordnen [...]. | Welchen Einfluss hatte die Eiszeit in unserer Region? | Entwicklung und Veränderung von Lebewesen | erkunden, strukturieren |
| 2 | b » ... können zentrale Prinzipien der Evolutionstheorie an Beispielen erkennen und Gesetzmässigkeiten nachvollziehen. | Wieso haben die meisten Grosswildtiere in der Schweiz ein braunes Fell? | Von der Entwicklung und Veränderung der Lebewesen zur Evolutionstheorie (inkl. Mutation, Rekombination, Selektion) | erschliessen, modellieren, analysieren |
| | a » ... können den Zusammenhang von DNS, Genen, Proteinen und Merkmalsausprägungen darstellen. | Wie «weiss» das Fell, dass es braun werden soll? | Von der Entwicklung und Veränderung der Lebewesen zur molekularen Genetik (inkl. DNS, Gene, Proteine, Phäne) | strukturieren, analysieren |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| b | » ... können Ursachen und Wirkungen von Mutationen beschreiben und zur Erklärung von Merkmalsveränderungen herbeiziehen; | « Wie ist es möglich, dass Bakterien gegen Medikamente resistent werden? » | Von der molekularen Genetik zur Evolutionstheorie | strukturieren, analysieren, generalisieren |
| | » ... können aus dem Grundverständnis der molekularen Genetik das Prinzip der Gentechnik ableiten. | « Wie ist es möglich, dass genetisch veränderte Bakterien Insulin herstellen? » | Von der molekularen Genetik zur Gentechnik | |
| c | » ... können die Gesetzmässigkeiten der Vererbung erkennen und zur Erklärung von Phänomenen herbeiziehen. | « Werden meine Kinder die gleichen Körpermerkmale haben wie ich? » | Klassische Genetik (inkl. Wahrscheinlichkeit, Mendelsche Regel) | analysieren, generalisieren |

Abb. 2b: Aufbau der Kompetenz «Artentwicklung strukturieren und analysieren»

| Zyklus | Kompetenzstufen aus Lehrplan 21 NMG.2.5 (2. Zyklus) NT.1.1 (3. Zyklus) | Beispiele von Forschungsfragen der Lernenden | Fachkonzepte und Fachinhalte | Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen |
|--------|--|--|--|---|
| 1 | | | | |
| 2 | d » ... können reale und fiktionale Darlegungen zur Geschichte der [...] Lebewesen (z.B. in Sachbüchern, Filmen, Comics) anhand von vorgegebenen Kriterien vergleichen und unterscheiden sowie dabei über die Herkunft und Verlässlichkeit von Informationen nachdenken. | « Sind alle Geschichten über die Entstehung der Lebewesen gleichwertig? » | Qualitätskriterien naturwissenschaftsnaher Informationen | vergleichen, strukturieren, analysieren |
| 3 | a » ... können naturwissenschaftliche Erkenntnisse von nicht naturwissenschaftlichen unterscheiden und an Beispielen verdeutlichen [...]. | « Wieso hat nur die Evolutionstheorie etwas mit Biologie zu tun, nicht aber die Schöpfungslehre? » | Naturwissenschaftliche versus nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisse | vergleichen, analysieren |
| | d » ... können generalisieren, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung abläuft, welchen Prinzipien sie unterliegt und sie nicht naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gegenüberstellen. | « Wie weiss ich, dass ich naturwissenschaftlich arbeite? » | Prinzipien naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung: grundsätzliche Verstehbarkeit der Welt, Einfachheit der Lösung, Objektivität und Reproduzierbarkeit, Beständigkeit und Vorläufigkeit, Grenzen der Erkenntnisse | vergleichen, generalisieren |

Abb. 2c: Aufbau der Kompetenz «Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung analysieren»

Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

Verlaufsplanung der Unterrichtssequenz**Umstrukturierung der Lehrplankompetenzen für den Unterricht**

Kompetenzbeschreibungen können in Natur und Technik oft nicht wortwörtlich aus dem Lehrplan 21 übernommen werden; die zu erreichenden Kompetenzen müssen zusätzlich an die personelle und strukturelle Situation (Klasse, begangene Lernwege usw.) angepasst werden. Folglich werden aufgrund der Mehrjahresplanung und der Gewichtung der Themen bzw. der Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sowie der Lernfortschritte der Klasse die Lehrplankompetenzen neu strukturiert und passend auf die Situation der Schule und Klasse umformuliert.

Bei einer anderen als der hier vorgeschlagenen Mehrjahresplanung wäre es ebenso denkbar, die Kompetenz NT.8.1 (Evolutionstheorie) zusammen mit der Kompetenz NT.9.2 (Ökosysteme) oder mit der Kompetenz NT.7.1 (Anatomie und Physiologie) zu bearbeiten, was zu einem anderen Kompetenzerwerbsschema führen würde, bei dem aber vermutlich einzelne Kompetenzstufen ähnlich formuliert wären.

Mittels Kompetenzerwerbsschema – eines Koordinatensystems aus den Handlungsaspekten mit Strukturieren, Modellieren und Analysieren sowie aus den Themenbereichen mit Systematik, Genetik und Gentechnik – kann der angestrebte Lernweg des Kompetenzerwerbs der Unterrichtsreihe «Evolution und Genetik – strukturiere-

Bedeutung der Evolutionstheorie im Alltag (inkl. Gentechnik)**A3.1**

... aus dem Grundverständnis der molekularen Genetik das Prinzip der Gentechnik ableiten und den Methoden der modernen Züchtung gegenüberstellen.

A3.3

... biologische Kenntnisse, insbesondere der Genetik, nutzen, um die Vielfalt und Veränderlichkeit der Lebewesen mit Prinzipien der Evolutionstheorie zu begründen.

Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution**A2.1**

... den Zusammenhang von DNS, Genen, Proteinen und Merkmalsausprägungen herstellen und mit Mutation und Rekombination in Verbindung bringen.

A2.2

... prozesshafte Modelle (z.B. Simulationsspiele) nutzen, um den Prozess der Evolution zu verstehen, und Gesetzmässigkeiten auf die Wirklichkeit übertragen.

Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume**A1.1**

... Informationen zu Entwicklungen und Veränderungen der Lebewesen zeitlich einordnen und Vorstellungen zu Zeitdimensionen sowie zu Prozessen strukturieren.

A1.2

... Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen (z. B. Stammbäume).

A1.3

... die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern.

Strukturieren**Modellieren****Analysieren****Abb. 3:** Kompetenzerwerbsschema zur vorliegenden Unterrichtsreihe

ren, modellieren, analysieren» vorgezeichnet werden (Abb. 3).

In der Abbildung fett umrandet ist die in der Unterrichtsreihe anzustrebende Kompetenz. Gestrichelt umrandet dargestellt, findet sich jene Kompetenz aus dem 2. Zyklus, auf die sich die Unterrichtsreihe und somit das Kompetenzerwerbsschema hauptsächlich stützt. Dazwischen finden sich Aspekte der zu erreichenden Kompetenz. Obwohl die Darstellung eine gewisse Linearität des Kompetenzzuwachses impliziert, wird dieser bei den Lernenden nicht zwingend in dieser Abstufung erwartet.

Die anzustrebende Kompetenz im Rahmen der vorliegenden Unterrichtsreihe lautet:

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- » (A3.3) biologische Kenntnisse, insbesondere der Genetik nutzen, um die Vielfalt und Veränderlichkeit der Lebewesen mit Prinzipien der Evolutionstheorie zu begründen.

Die hinführenden Kompetenzaspekte sind umschrieben als:

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- » (A1.2) Ordnungssysteme der Lebewesen hinterfragen und als Modelle erkennen (z.B. Stammbäume).
- » (A1.3) die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen äussern.
- » (A2.1) den Zusammenhang von DNS, Genen, Proteinen und Merkmalsausprägungen herstellen und mit Mutation und Rekombination in Verbindung bringen.
- » (A2.2) prozesshafte Modelle (z.B. Simulationsspiele) nutzen, um den Prozess der Evolution zu verstehen und Gesetzmässigkeiten auf die Wirklichkeit zu übertragen.
- » (A3.1) aus dem Grundverständnis der molekularen Genetik das Prinzip der Gentechnik ableiten und den Methoden der modernen Züchtung gegenüberstellen.

Ausgangspunkt der Unterrichtsreihe, also jenes Können, das von den Schülerinnen und Schülern aufgrund ihres Lernens in der Primarschule erwartet wird, ist der Kompetenzaspekt:

Die Schülerinnen und Schüler können ...

- » (A1.1) Informationen zu Entwicklungen und Veränderungen der Lebewesen zeitlich einordnen und Vorstellungen zu Zeitdimensionen sowie zu Prozessen strukturieren.

Klären der Kompetenzfacetten

Unter «Kompetenzansprüche in NT klären» wird bei der hier vorgeschlagenen kompetenzorientierten didaktischen Rekonstruktion (Abb. 4) nicht eine Sachanalyse im Sinne der Fachsystematik verstanden, sondern eine Analyse der naturwissenschaftlichen Inhalte und der dazugehörigen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im Hinblick auf die zu klärenden Kompetenzen der Lernenden. Demgegenüber würde die Fachsystematik der Biolo-

gie versuchen – mit Blick auf das Detail – Vollständigkeit zu erreichen, ein Anliegen, das aber für die Sekundarstufe I selten zu Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden führen kann. Jugendliche erleben einzigartige Phänomene der Natur, die sie verstehen möchten oder mit denen sie umgehen müssen. Sie haben bereits eigene Konzepte zu diesen Phänomenen oder Fragen sowie eigene Denk- und Handlungsweisen, um sich damit auseinanderzusetzen. Sie erschliessen sich somit ihr Grundverständnis über die Biologie mittels exemplarischer Auseinandersetzungen, z.B. über das Wahrnehmen von vererbten Eigenschaften in der eigenen Verwandtschaft.

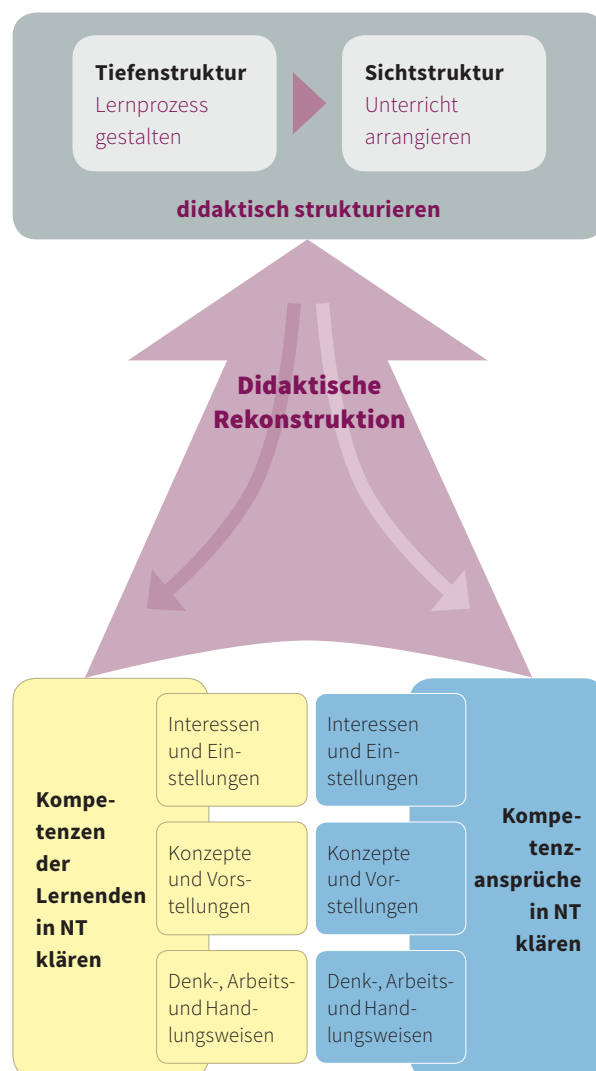


Abb. 4: Kompetenzorientierte didaktische Rekonstruktion: Klären der Kompetenzfacetten in den Naturwissenschaften

Unterrichtsplanungen**NT – Biologie – Evolution und Genetik**

Die didaktische Rekonstruktion einer zu erlernenden Kompetenz im Bereich der Biologie geht deshalb von den Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler aus, also von ihren Interessen und Einstellungen, ihren Konzepten und Vorstellungen sowie den damit verbundenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, um sie an die Fachkompetenzen anschlussfähig zu machen (Abb. 4). Damit diese drei Facetten der Lernenden-Kompetenz erfasst und jene der Fachkompetenz in den Naturwissenschaften geklärt werden können, werden sie in einem ersten Schritt getrennt, aber aufeinander abgestimmt geklärt.

Kompetenzen

Während die zu erreichende Kompetenz bereits im Kompetenzerwerbsschema formuliert ist (Abb. 3, grün hinterlegt und fett umrandet), beruht die Einschätzung der Kompetenzen der Lernenden auf formativen und summativen Beurteilungssituationen von Kompetenzaspekten der vorangegangenen Unterrichtsreihen, hier z.B. NT.1.1, NT.8.2 und NT.9.1.

Kompetenz der Lernenden in Natur und Technik

Die Schülerinnen und Schüler nutzen bescheidene biologische Kenntnisse und Erfahrungen, um die Vielfalt der Lebewesen mit Alltagstheorien zur Evolution anekdotisch zu erklären.

Ansprüche an Fachkompetenz in Natur und Technik

Die Schülerinnen und Schüler können biologische Kenntnisse, insbesondere der Genetik, nutzen, um die Vielfalt und Veränderlichkeit der Lebewesen mit Prinzipien der Evolutionstheorie zu begründen.

Weder die Sachstruktur noch die Perspektiven der Lernenden mit ihren Interessen und Einstellungen können bei biologischen Kompetenzen abschliessend geklärt bzw. erfasst werden. Die im Folgenden aufgeführten Aspekte geben lediglich einen ersten Einblick.

Klären von Interesse und Einstellung

Biologische Phänomene sind für die allermeisten Schülerinnen und Schüler interessant, weil diese oft selber bzw. ihr nächstes Umfeld darin involviert sind. Die Ansprüche des Fachs und die der Lernenden sind deshalb recht ähnlich, so auch beim vorliegenden Lerngegenstand. Ganz anders sieht es aber bei Fragen der Einstellungen und Haltungen aus. Hier öffnen sich zuweilen grosse, nur schwierig zu überwindende Gräben.

Interesse und Einstellung der Lernenden**zu Natur und Technik**

Grundlage: autobiografische Rekonstruktion, Einstellungserhebungen, Empathie der Lehrperson

- » Die Evolutionstheorie kann oder darf aus religiösen Überzeugungen nicht oder nur teilweise stimmen
- » Der Mensch hat eine Sonderstellung innerhalb der Lebewesen
- » Molekulare Genetik und Gentechnik faszinieren, machen aber auch Angst
- » Erkenntniszugänge der Biologie zerstören sinnliche Zugänge zum Phänomen Leben

Ansprüche an Interesse und Einstellung**zu Natur und Technik**

Grundlage: Lehrplan, Gesellschaft

- » Die Biologie bedient sich des methodischen Atheismus, das hat aber nichts mit Religion zu tun
- » Alle Lebewesen sind gleichwertig
- » Molekulare Genetik und Gentechnik bieten Möglichkeiten und Grenzen
- » Erkenntniszugänge der Biologie ergänzen sinnliche Zugänge zum Phänomen Leben

Klären von Vorstellungen und Konzepten

Die Präkonzepte der Lernenden zur Evolution sind vielfältig und stabil, aber naturwissenschaftlich inadäquat. Demgegenüber ist wenig Wissen und eine geringe Vorstellung hinsichtlich molekularer Genetik zu erwarten. Ebenso geringe Kenntnisse sind zur Gentechnik und zur Zuchtwahl der modernen Landwirtschaft vorhanden. Nichtsdestotrotz oder gerade deswegen sind die vagen Vorstellungen von Gentechnik bzw. die oft stark familiär geprägten Konzepte zur Evolution emotional aufgeladen. Folglich können wir aus der Klärung der zentralen Einstellungen und Interessen der Lernenden folgenden Schluss zu ziehen: (a) ein Vermischen von religiösen und naturwissenschaftlichen Konzepten gilt es zu vermeiden; (b) beim Aufbauen der Konzepte zur Evolutionstheorie nicht den Menschen ins Zentrum rücken; (c) die Faszination der molekularen Genetik und der Gentechnik an eher unproblematischen Lebewesen (z.B. Bakterien) stärken, bevor kritische Beispiele (z.B. Lebensmittel) diskutiert werden. Die didaktische Rekonstruktion der Konzepte:

Konzepte der Lernenden in Natur und Technik

Grundlage: empirische Studien, autobiografische Rekonstruktion, Präkonzepterhebungen

- » Je nach Lebewesen Wechsel zwischen theologischen, teleologischen und lamarckistischen Erklärungsmustern für Artentwicklung und Artenvielfalt

- » Molekulare Genetik ist im Alltag und für die Biologie unbedeutend
- » Methoden der Gentechnik und Zuchtwahl sind Gegensätze

Ansprüche an Fachkonzepte in Natur und Technik

Grundlage: naturwissenschaftliche Fachliteratur, Fachwissen der Lehrperson, Lehrmittel, Lehrplan

- » Die Evolutionstheorie erklärt Artentwicklung und Artenvielfalt aller Lebewesen
- » Molekulare Genetik ist die Grundlage der Evolutionstheorie
- » Grenzen zwischen Zuchtwahl und Gentechnik sind unscharf

Klären der Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen

Biologische Systeme und die Kenntnisse darüber haben für Lernende oft einen zu hohen Komplexitätsgrad, um zur Lösung realer und vernetzter Prozesse beigezogen zu werden. Ebenso werden biologische Modelle, die zur Komplexitätsreduktion beitragen würden, eher selten genutzt, obwohl der Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen bei abiotischen Themen schon früh erlernt wird und sich dort oft als nützlich erwiesen hat. Hinderlich sind dabei – gerade bei zentralen Fragen des Lebens – oft Einstellungen bzw. Haltungen gegenüber Vorgehensweisen der Naturwissenschaften, die als wenig sinnlich gelten. Bei der didaktischen Rekonstruktion der zu erlernenden Denk- und Handlungsweisen scheint deshalb ein lustvoller Umgang mit einfachen und erklärungsstarken biologischen Modellen wünschenswert.

Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen der Lernenden in Natur und Technik

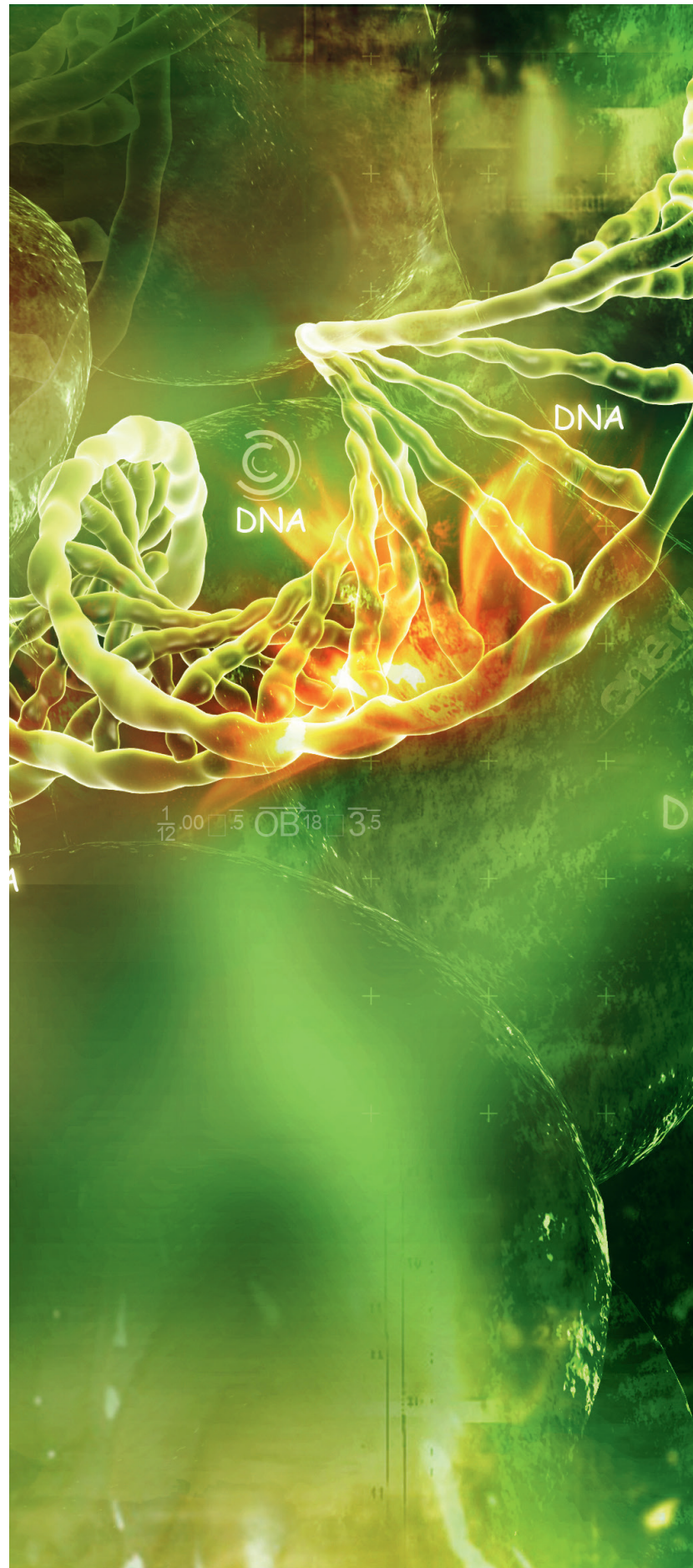
Grundlage: empirische Studien, autobiografische Rekonstruktion, Lernstanddiagnosen

- » Wissenschaftliche Erkenntnisse eher zufällig und additiv beiziehen
- » Modelle unkritisch oder gar nicht nutzen, um Fragen zu klären
- » Zur Problemlösung vorwiegend Alltagstheorien anekdotisch nutzen

Ansprüche an Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen in Natur und Technik

Grundlage: naturwissenschaftliche Fachliteratur, Fachwissen der Lehrperson, Lehrplan

- » Mit wissenschaftlichen Methoden Erkenntnisse strukturieren
- » Modelle kritisch nutzen, um naturwissenschaftliche Fragen zu klären und Prognosen zu treffen
- » Zur Problemlösung gezielt wissenschaftliche Erkenntnisse beiziehen



Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

Didaktische Rekonstruktion:**Klären der fachdidaktischen Elemente**

Die Klärung der Kompetenzfacetten zu «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren» zielt darauf ab, Unterstützungsmöglichkeiten (fachdidaktische Elemente) zu finden, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ihre eigenen Kompetenzen in Richtung Fachkompetenzen der Naturwissenschaften zu erweitern. So scheint es beispielsweise angebracht, wissenschaftsnahe Erkenntnisse zur Artentwicklung spielerisch anzuwenden, um Fragen der Evolution zu verstehen (Abb. 5). Dahinter steht u.a. die Klärung der Denk-, Arbeits-

und Handlungsweisen, bei der es die Diskrepanz zu überwinden gilt, dass viele Lernende der Sekundarstufe I bei der Problemlösung naturwissenschaftlicher Fragen vorwiegend von Alltagstheorien ausgehen und diese eher anekdotisch nutzen. Angestrebt würde eine möglichst strukturierte Problemlösung unter Einbezug wissenschaftlicher Erkenntnisse. Hinderlich ist nicht selten die Haltung, dass ein naturwissenschaftlich rationaler Zugang zu Fragen des Lebens das sinnlich Emotionale zerstören könnte.

Über das didaktische Element des Spielerischen könnte diese Barriere etwas abgebaut werden. Zudem erleichtert der spielerische Zugang mit nicht realen Lebewesen (Abb. 5), schlecht beobachtbare Prozesse in einer Form erlebbar zu machen, dass sie nicht durch Denkblockaden, wie z.B. «der Mensch muss Sonderstellung behalten», zum Vornherein abgelehnt werden.

Die folgenden **fachdidaktischen Elemente** (Vorgehensweisen, Interventionen, Hilfestellungen usw.) ergeben sich aus der Klärung der Kompetenzfacetten:

- » **Phylogenetischen Stammbaum erstellen:** Mit virtuellen Lebewesen
- » **Artkonzept wissenschaftlich hinterfragen:** Diskursiv Grenzen bisheriger Erklärungsmuster erleben und analysieren
- » **Prozess der Mutation erleben:** Prozesssimulation (einfaches Modell), inkl. Modellkritik
- » **Prozess von Mutation, Rekombination und Selektion:** Spiel zur Prozesssimulation mit virtuellen Lebewesen (anspruchsvolles Modell), inkl. Modellkritik
- » **Prozess von Gründereffekt und Gendrift:** Spielerische Prozesssimulation mit virtuellen Lebewesen (einfaches Modell), inkl. Modellkritik
- » **Vom Modell zur Realität:** Lebewesen sollen den Jugendlichen entweder aus dem nahen Umfeld bekannt (Mensch, Pferd, Teichfrosch, Fledermaus, Hund, Weizen usw.), medial beachtet (Zebra, Schimpanse, Leguan usw.) oder typische Forschungsorganismen der Biologie (Pantoffeltierchen, Darmbakterien usw.) sein.
- » **Von der Zuchtwahl zur Gentechnik:** Zuchtwahl der Pflanzen (z.B. Hartweizen), Bakteriophagen als natürliche Gentechniker.



Abb. 5: Beispiel einer didaktischen Rekonstruktion der Einstellungen, Konzepte sowie Denkweisen zur vorliegenden Unterrichtseinheit und Klärung der sich daraus ergebenden fachdidaktischen Elemente (Passung)

Verlaufsplanung der Unterrichtssequenz

Die im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion (Abb. 4 und 5) abschliessend durchzuführende lernpsychologisch sachorientierte Strukturierung der fachdidaktischen Elemente führt zu einer unterrichtlichen Verlaufsplanung. Die vorliegende Verlaufsplanung (Abb. 6) geht von drei Wochenlektionen während sechs Wochen Unterricht aus. Zur sachorientierten Strukturierung wird das Kompetenzer-

werbsschema genutzt, bei dem die anzustrebende Kompetenz A3.3 als Start- und Endpunkt dient. Bei der vorliegenden Unterrichtsplanung wird zuerst an den Fachkonzepten zur molekularen Genetik im Rahmen der Evolution (A2.1 und A2.2) gearbeitet. Die im Kompetenzerwerbsschema vorangehenden Fachkompetenzen Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume (A1.2 und A1.3) werden erst danach angegangen. Der Entscheid für die Umkehrung liegt bei den zu erarbeitenden Denkweisen, die insbesondere bezüglich der Haltung der Lernenden beim Umgang mit Stammbäumen mehr Offenheit abverlangen.

| Woche Lektion | Kompetenzfacetten (Ansprüche) | Fachdidaktische Elemente (Vorgehensweisen, Interventionen, Hilfestellungen usw.) |
|------------------|--|--|
| W1 1 | Anzustrebende Kompetenz A3.3 Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – strukturieren A2.1 | Die Schwächen eigener, bisheriger Erklärungsmuster zu alltagsnahen Phänomenen der Evolution erkennen und mit naturwissenschaftsnahen ersetzen oder erweitern. Die Bedeutung von Fortpflanzung und Mutation an einem einfachen Modell erleben und auf Aspekte des Alltags übertragen (Pferd, Pantoffeltierchen, Teichfrosch usw.). |
| W1 2 und 3 | Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – strukturieren, modellieren A2.2 | Das Zusammenspiel von Gen, Phän, Rekombination und Selektion an einem komplexeren Modell (Simulationsspiel) erleben. |
| W2 4 | Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – modellieren A2.2 | Prozesssimulation zu Gen, Phän, Rekombination und Selektion auf Aspekte der Wirklichkeit übertragen (Fledermäuse usw.). |
| W2 5 und 6 | Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – strukturieren, modellieren A2.1, A2.2 | Das Zusammenspiel von Gründereffekt und Gendrift an einem einfachen Modell erleben, einfache Prognosen treffen. |
| W3 7 | Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – strukturieren, modellieren A2.1, A2.2 | Prozesssimulation von Gründereffekt und Gendrift auf Aspekte der Wirklichkeit übertragen (Seitenfleckleguan usw.). |
| W3 8 und 9 | Molekulare Genetik im Rahmen der Evolution – strukturieren, modellieren A2.1, A2.2 | Die Schwächen eigener, bisheriger Erklärungsmuster zu alltagsnahen Phänomenen der Evolution erkennen und mit naturwissenschaftsnahen ersetzen oder erweitern. |
| W4 10 | Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume – modellieren A1.2 | Eigenschaften von virtuellen Lebewesen vergleichen und mit wissenschaftsnahen Methoden so strukturieren, dass ein möglicher Stammbaum entsteht. |

Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| W4 11 und 12 | Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume – modellieren A1.2 Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume – modellieren, analysieren A1.3 | Eigenschaften von virtuellen Lebewesen vergleichen und mit wissenschaftsnahen Methoden so strukturieren, dass ein möglicher Stammbaum entsteht. Scheinbare Komplexitätszunahme in Stammbäumen als Zufall und nicht als Ziel mittels eines einfachen Modells erleben und auf Aspekte der Wirklichkeit übertragen (Augenentwicklung, Synthesefähigkeit von Vitamin C usw.). |
| W5 13 | Systematik der Lebewesen und phylogenetische Stammbäume – modellieren A1.2 | Die Grenzen des Artkonzepts (Modell) mittels wissenschaftsnahen Methoden und Erkenntnissen hinterfragen und darin vorkommende als Alltagstheorien aufdecken (Mensch – Schimpanse, Dackel – Dogge, Zebra – Pferd usw.). |
| W5 14 und 15 | Bedeutung der Evolutionstheorie im Alltag (inkl. Gentechnik) – strukturieren A3.1 | Das Prinzip der Gentechnik am Beispiel des Gentransfers bei Bakterien ableiten. Am Beispiel von Hartweizen die Methoden der Gentechnik jenen der modernen Züchtung gegenüberstellen. |
| W6 16 | Bedeutung der Evolutionstheorie im Alltag (inkl. Gentechnik) – analysieren A3.3 | Die Schwächen eigener, bisheriger Erklärungsmuster zu alltagsnahen Phänomenen der Evolution erkennen und mit naturwissenschaftsnahen ersetzen oder erweitern. |
| W6 17 und 18 | Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren A1.1 bis A3.3 | Summative Beurteilung: Die Schwächen eigener, bisheriger Erklärungsmuster zu alltagsnahen Phänomenen der Evolution erkennen und mit naturwissenschaftsnahen ersetzen oder erweitern. |

Abb. 6: Verlaufsplanung; farbig hinterlegt sind die Planungsschritte, auf die in den nachfolgenden Kapiteln detaillierter eingegangen wird

Planen einer Unterrichtseinheit zu ausgewählten Kompetenzaspekten (A2.1 und A2.2)

Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die ersten sieben bis acht Lektionen der Verlaufsplanung zu «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren» (Abb. 6, farbig hinterlegte Planungsschritte). Es handelt sich um die Kompetenzaspekte A2.1 und A2.2

des Kompetenzerwerbsschemas. Diese Unterrichtseinheit wird im Folgenden unter dem Titel «Phänomene der Evolution analysieren und Effekte prognostizieren» besprochen. Dazu werden die zum Abschluss der didaktischen Rekonstruktion bestimmten fachdidaktischen Elemente in einen vollständigen Lernprozess übergeführt (Abb. 7).

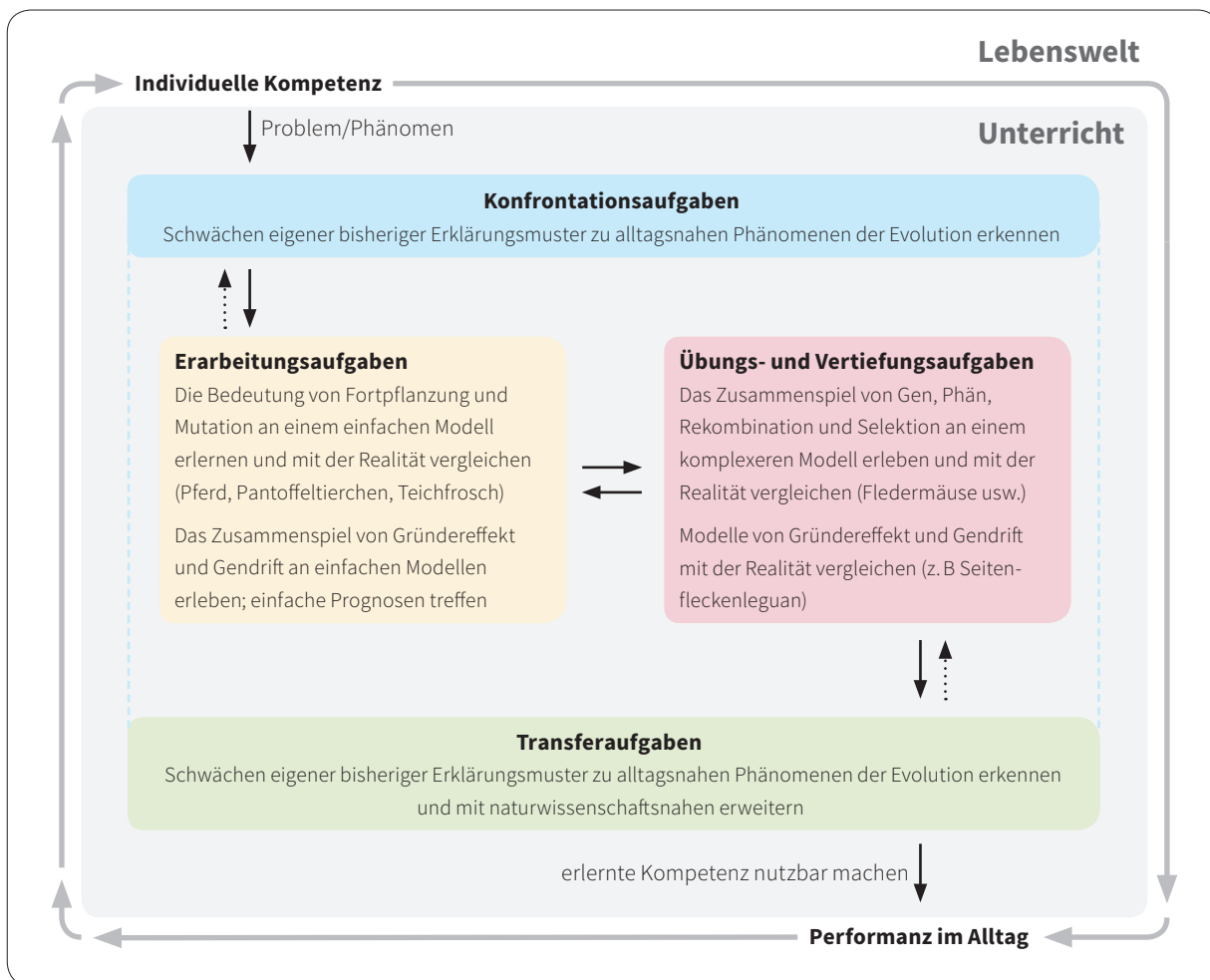


Abb. 7: Modell der Lernaufgaben zu «Phänomene der Evolution analysieren und Effekte prognostizieren» mit den Kompetenzaspekten A2.1 und A2.2

Ausgehend von der Lebenswelt der Lernenden und ihren Alltagskompetenzen werden die Schülerinnen und Schüler mit einem Problem bzw. einem Phänomen konfrontiert, das die Kenntnisse der Grundprinzipien der Evolution voraussetzt. Die Konzepte sowie Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen der Lernenden werden diesem Anspruch aber noch nicht genügen, ihre Problemlösestrategien divergieren. Sie erarbeiten schrittweise einzelne

Fachkonzepte (Mutation, Selektion, Gendrift usw.) bzw. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (modellieren, prognostizieren), um auf die eingangs divergent diskutierten Phänomene zum Evolutionsprozess nun möglichst fokussiert Lösungen zu finden. Ganz im Sinne eines kompetenzorientierten Unterrichts wird das erarbeitete und vertiefte Können zum Schluss auf analoge Probleme bzw. Phänomene angewendet.

Unterrichtsgestaltung über ein Set kompetenzfördernder Lernaufgaben

Das Modell zur Unterrichtssequenz (Abb. 7) leitet die Auswahl und die zeitliche Abfolge der Aufgaben aus dem Lehrmittel «Evolution verstehen – Die Lernumgebung» (Wilhelm, 2009a) bzw. «Evolution verstehen – Das Magazin» (Wilhelm, 2009b). Das Lehrmittel wird also als Pool von Aufgaben genutzt, die zu einem kompetenzfördernden Lernprozess verknüpft und wo nötig erweitert und verändert werden. Der Lernweg erfolgt nicht linear, sondern weist Schlaufen und Rückgriffe auf (Abb. 7).

Konfrontationsphase

Die Konfrontationsphase hat zum Ziel, die Lernenden an eine Situation zu führen, bei der sie erkennen, dass ihre Alltagsvorstellungen zur Entwicklung der Lebewesen nicht immer ausreichen, dass die eigenen Erklärungsmodelle mögliche Lücken aufweisen, sodass die Lernenden offen werden für die wissenschaftliche Theorie zur Evolution. Die folgenden beiden Konfrontationsaufgaben nehmen deshalb möglichst viele Facetten der Kompetenzaspekte A2.1 und A2.2 auf und bilden mit der ersten Aufgabe eine reale Situation ab und mit der zweiten Aufgabe Situationen, die zwar konstruiert sind, aber mit dem Alltag der Lernenden zu tun haben. Sie knüpfen an den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler an und initiieren die Erschließung von neuen Aspekten und sachbezogenen Konzepten.



Der Lernweg erfolgt nicht linear, sondern weist Schlaufen und Rückgriffe auf.

Ein kompetenzförderndes Aufgabenset, das nach dem beschriebenen Modell gestaltet ist, enthält die folgenden Aufgabentypen: Aufgabe zum Explorieren, Aufgabe zum Erarbeiten, Aufgabe zum Üben, Aufgabe zum Anwenden und zum Übertragen. Sie werden für das Beispiel «Phänomene der Evolution analysieren und Effekte prognostizieren» auszugswise dargestellt. Dabei wird auf Aufgabenmerkmale eingegangen, wie sie in der Tabelle zu Merkmalen kompetenzfördernder Aufgabensets (vgl. Grundlagen, S. 20) dargestellt sind.

Beispiel einer Konfrontationsaufgabe (Schlagzeile aus einer Zeitung)

In Krankenhäusern sterben täglich Menschen wegen resistenter Bakterien – Resistenzen machen die neusten Antibiotika wirkungslos.

- Was genau ist hier das Problem heute?
Was geschieht in der Zukunft?
- Gibt es hier nur Verlierer, oder gibt es auch Gewinner?
Warum ist das so?
- Was geschieht mit den Bakterien? Wieso?
Kann man das begründen?

Mit dieser Konfrontationsaufgabe werden sowohl die Evolutionstheorie wie auch die Grundlagen der molekularen Genetik sehr lebensnah und aus verschiedenen Perspektiven angesprochen. Die zitierte «Zeitungsschlagzeile» wie auch die Fragen sind genügend offen, damit die Lernenden Vorstellungen zur Lebensweise von Bakterien verbalisieren können. Zudem sind die Folgefragen der Schlagzeile strukturiert abgefasst und fokussieren das Nachdenken hinsichtlich spezifisch naturwissenschaftlicher Konzepte. Die vieldeutig formulierten Fragen sind lösungsoffen und ermöglichen so allen Lernenden, auch jenen mit besonders viel bzw. besonders wenig Vorwissen, erste Lösungsansätze zu formulieren.

Im nachfolgenden Unterricht mit Phasen der Erarbeitung, des Übens und Vertiefens oder spätestens bei der Synthese kann je nach Bedarf auf die Konfrontationsituation in den Krankenhäusern zurückgekommen werden. Es bietet sich somit die Möglichkeit, die Konfronta-

tionsaufgabe als ein verbindendes Element über die gesamte Lernphase zu nutzen.

Erarbeitungsphase der Teilkompetenz A2.1

Die in der Konfrontationsphase noch divergenten Gedankengänge zur Artenvielfalt und Artentwicklung wecken aufgrund der vielen noch offenen Fragen das Bedürfnis nach besseren Erklärungsmustern. Schrittweise werden in der Folge die Schülerinnen und Schüler über Aufgaben zum Erarbeiten an die weiteren Teilaspekte der Kompetenz (z. B. wissenschaftliche Erkenntnisse nachvollziehen können; mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen die Artentwicklung und Artenvielfalt erklären) herangeführt.

Mit der Aufgabe «Das erkläre ich mir so...» startet auch das Schulbuch «Evolution verstehen» (Wilhelm, 2009a, 6). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten anfänglich allein, um danach ihre Gedanken in Kleingruppen auszutauschen. In diesen suchen sie nach Gemeinsamkeiten in ihren Erklärungen und nach offenen Fragen. Direkt darauf folgt eine Phase der Informationserschließung mit der zweiten Aufgabe «Jetzt will ich es wissen...», bei der sich die Lernenden mit den Grundprinzipien der Evolutionstheorie auseinandersetzen, um am Ende wieder auf die vier eingangs gestellten Fragen zurückzukommen. Veränderungen in ihren Erklärungsmustern werden für sie sichtbar. Mit dieser dritten Aufgabe «Das war mir so nicht ganz klar...» beginnt sich eine Lernspur abzuzeichnen, die bis zur Phase der Synthese weiterverfolgt werden kann.



Aufgabe zum Erarbeiten: Grundprinzipien der Evolutionstheorie

(Auszug aus: Evolution verstehen – Die Lernumgebung, 2009a)

a) Das erkläre ich mir so ...

Beantworte, nur für dich und ohne fremde Hilfe, die folgenden Fragen:

- Die Gene von Schimpanse und Gorilla unterscheiden sich um weniger als 2 Prozent; jene von Schimpanse und Mensch um 1 Prozent. Sind alle Lebewesen untereinander verwandt?
- Wieso ist das so?
- In gewissen Ländern werden den Hunden die Ohren kupiert, also Hautteile abgeschnitten, damit die Ohren nicht herunterhängen. Werden deshalb in Zukunft die Ohren der Hunde von Geburt her kleiner sein?
- Warum ist das so?

b) Jetzt will ich es wissen ...

- Studiere die entsprechenden Seiten im Schulbuch «Evolution verstehen».
- Beantworte danach mit dem dir erarbeiteten Wissen die unter (a) gestellten Fragen nochmals.

c) Das war mir so nicht ganz klar ...

- Vergleiche deine Antworten der Aufgabe a) mit jenen der Aufgabe b).
- Was hast du jetzt besser verstanden als zuvor?
- Was möchtest du noch genauer wissen?
- Tragt in der Klasse alle Erkenntnisse und Fragen zusammen. Lasst euch von der Lehrperson weiterhelfen.

Die hier vorgestellte Erarbeitungsaufgabe erfüllt die eingangs (vgl. Grundlagen) erläuterten Ansprüche an kompetenzfördernde Aufgabensets. Die Aufgabe regt beispielsweise dazu an, einen ersten spezifischen Kompetenzaspekt zu erarbeiten: Es geht darum, die Prinzipien der Darwin'schen Evolutionstheorie einzuführen. Dabei knüpfen die Lernenden an ihren Präkonzepten zur Evolution und Artentstehung an, die mit den Arbeitsaufträgen schrittweise erweitert werden. Da diese inhaltliche Auseinandersetzung höchst anspruchsvoll ist, wird die Aufgabenstellung formal komplexitätsreduziert angeboten, also vorstrukturiert und praktisch ohne Wechsel der Repräsentationsformen. Die dritte Teilaufgabe beinhaltet einen individuell rückmeldenden Auftrag, sodass die Schülerinnen und Schüler direkt zum Schluss der Erarbeitungsaufgabe sowohl ein Peer- als auch ein Lehrpersonen-Feedback erhalten.

Mittels einer hier nicht weiter ausgeführten, zusätzlichen Aufgabe, wird der Aspekt der Evolutionstheorie aufgearbeitet. So wird das mentale Modell eines Flosses eingeführt, mit dem erarbeitet wird, was eine wissenschaftliche Theorie leisten kann und was nicht. Ebenso erfahren die Lernenden spielerisch, dass Mutationen – in der Aufgabe sind es Kopierfehler beim Abschreiben eines Textes – zwar oft zu Ablesefehlern führen, dass Kopierfehler aber auch das Potenzial zu Neuerungen besitzen. Ein Auszug aus dieser Lernaufgabe zum Erarbeiten findet sich nachfolgend.



Aufgabe zum Erarbeiten: Fortpflanzung und Mutation

(Auszug aus: Evolution verstehen –
Die Lernumgebung, 2009a)

Schreibe die folgenden Zeilen innerhalb von 80 Sekunden ab. Achte darauf, dass du keinen Fehler machst und immer sauber auf die Linien schreibst.

**äknie eis netl los
nun esse eudnofes
alhc stugh canadd
gin ewsad tahnef
uuadrev medtimre
nutuz span hcsgn
dtimrhem leivsla
eneh cilhc snemre
noit ulov**

- Die Korrektur des Textes kannst du selber vornehmen. Dazu muss der Text Linie für Linie von rechts nach links gelesen werden. Dabei sollte sich ein Sinn ergeben.
- Welcher Abschreibtyp bist du?
 - a) Text vollständig und richtig abgeschrieben
 - b) Text nicht vollständig, aber bis dort richtig abgeschrieben
 - c) Text vollständig, aber mit Fehlern abgeschrieben
 - d) Text nicht vollständig und mit Fehlern abgeschrieben

Die spielerische Erfahrung, dass beim Kopieren von Information unterschiedliche Typen von Fehlern unterlaufen können, reduziert das für die Evolution bedeutende Konzept der Mutationen auf das Wesentliche. Die einzelnen Kompetenzfacetten werden also schrittweise erlernt und bauen auf den Präkonzepten der Lernenden auf. Denn für viele Schülerinnen und Schüler ist das Fehlermachen, wie es beim Abschreiben von Texten vor dem Buchdruck auch der Fall war, ein Problem. Dass aber für die Evolution der Lebewesen gerade solche Kopierfehler bedeutsam sein können, muss erst akzeptiert werden.

Die Aufgabe ist hinsichtlich formaler Aspekte der Bearbeitung komplexitätsreduziert und bietet mit dem Hinweis auf vertiefende Texte aus dem Lehrmittel «Evolution verstehen – Das Magazin» den Schülerinnen und Schülern Lernunterstützung an, doch sieht sie nicht explizit ein zeitnahes sachorientiertes Feedback vor. Ein solches gilt es im Sinn eines lernwirksamen Scaffolding durch die Lehrperson unbedingt zu leisten.

Die Klasse wird in 4 Gruppen geteilt, die den 4 oben genannten Typen entsprechen. Folgenden Auftrag erhält jede Gruppe:

- Versetzt euch in die Lage der Mönche einer Klosterbibliothek vor der Erfindung des Buchdrucks. Damals hatten sie die Aufgabe, wertvolle Bücher abzuschreiben. Welcher Kopier-Typ wäre damals der beste gewesen? Erstellt eine Reihenfolge und begründet sie.
- In der Natur ist das Erstellen von Kopien auch verbreitet: die Fortpflanzung. Weshalb pflanzen sich alle Lebewesen fort? Kommt euer Kopier-Typ (unterschiedliche Art von Fehlern beim Kopieren von Information) in der Natur auch vor? Ist er von Bedeutung? Begründet!

Als Grundlage zum Klären dieser Fragen werden die folgenden Abschnitte in «Evolution verstehen – Das Magazin» gelesen: Seite 6 «Kasten zum Gold», Seite 7 «Der Unterschied zwischen einem Pantoffeltierchen und einem Pferd», Seiten 8 und 9 (ohne Kapitel «Der Teichfrosch»).



Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

Übungs- und Vertiefungsphase der Teilkompetenz A2.1

Mit dem Lernspiel «Das Leben der Evomares» (Wilhelm, 2009a, 10), bei dem das Überleben virtueller Lebewesen im Zentrum steht, können die Schülerinnen und Schüler die Mutation und Selektion als wichtige Elemente des Evolutionsprozesses erfahren.

Aufgabe zum Üben: Das Leben der Evomares

(Auszug aus: Evolution verstehen – Die Lernumgebung, 2009a)

Ziel des Spiels

Die eigene Sippschaft der Evomares soll so viele Generationen wie möglich überleben.

längsten überdauern konnte. Bei Gleichstand geht der Sieg an die grössere Sippe.

Material

Ein Würfel und eine Spielfigur pro Spielerin und Spieler.
Genügend Kopien der Spielunterlagen sowie Scheren zum Ausschneiden der Spielkarten und Genkärtchen.

Ergebnissicherung

Jede Spielgruppe stellt zusammen, welchen Überlebens- und Entwicklungsregeln die Evomares unterworfen waren. Die Gruppe überlegt sich in der Folge, inwiefern diese Regeln der Evomares auch in der Realität den Grundprinzipien der Evolution entsprechen könnten. Die Ergebnisse werden gemeinsam tabellarisch zusammengefasst. Als Grundlage der Überlegungen dient das Schulbuch «Evolution verstehen».

Schluss

Die Lehrperson beendet das Spiel. Gewonnen hat jene Spielerin bzw. jener Spieler, dessen Sippe ununterbrochen am

Die vorliegende Aufgabe zum Üben entfernt sich absichtlich vom lebensweltlichen Bezug und fokussiert auf ausgewählte Aspekte, so wird das sachbezogene Konzept des Zusammenspiels von Gen und Phän aufgrund der Spielanlage mehrfach geübt und vertieft. Die Spielanlage selber ist kognitiv anspruchsvoll. Einerseits gilt es, die schriftlich vorliegenden Spielregeln in den Spielprozess zu integrieren, andererseits müssen die Lernenden während des Spiels gedanklich mehrfach zwischen der mikro- und makroskopischen Welt wechseln. Unterschiedliche Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler werden implizit kompensiert, unter anderem über die Spielregeln, die im Sinne von gestuften Lernhilfen genutzt werden können, aber auch über das individuell anpassbare Spieltempo.

der Evomares ausschneiden, falten, in einem Gefäss bereitstellen. Damit sind sie gerüstet, um spielerisch zu testen, wie Gendrift und Gründereffekt das Überleben von Lebewesen beeinflussen. Im Anschluss an das spielerische Heranführen, bearbeiten die Lernenden die Aufträge zu den Küsten-Evomares und zu den Insel-Evomares auf dem Arbeitsblatt «Das Überleben der Glücklichen». Zusammen mit der Lehrperson wird der Auftrag korrigiert. Das für Erarbeitungsaufgaben zentrale zeitnahe und sachorientierte Feedback wird ermöglicht.

Erarbeitungsphase der Teilkompetenz A2.2

Im Anschluss an die vorgestellte Übungsaufgabe erweitern die Schülerinnen und Schüler ihr Konzept des «survival of the fittest» mit jenem des «survival of the luckiest». Dazu kommen in einer neuen Erarbeitungsaufgabe wiederum virtuelle Lebewesen aus der Gruppe der Evomares zum Einsatz (Wilhelm, 2009a, 11). Dadurch werden die Lernenden nur inhaltlich gefordert, nicht aber durch die Form der Aufgabe. Gruppenweise bereiten die Schülerinnen und Schüler die Spielkarten vor: Die Figur Evopeng

Übungs- und Vertiefungsphase der Teilkompetenz A2.2

Mit der zuvor erläuterten Erarbeitungsaufgabe wurden Gründereffekte und Gendrift simuliert, um diese als ebenso zentrale Elemente des Evolutionsprozesses zu verstehen wie die Selektion. In der darauf aufbauenden, hier wiederum nicht im Detail vorgestellten Vertiefungsaufgabe werden die an den virtuellen Lebewesen erkannten Gesetzmässigkeiten auf reale Phänomene der Natur übertragen. Dazu studieren die Schülerinnen und Schüler einen Text im Lehrmittel «Evolution verstehen – Das Magazin» (2009b, 12–13) und schreiben eine Kurzzusammenfassung zu Gendrift und Gründereffekt. Dieser Text muss an eine gleichaltrige Kollegin adressiert sein, die noch nie etwas davon gehört hat.

Das Übertragen des zuvor erlernten Konzeptes der Gendrift am virtuellen Modellorganismus der Evomares auf eine reale Situation ermöglicht den Schülerinnen und Schülern ein Repetieren und Vertiefen der zentralen Inhalte. Während die Erarbeitungsaufgabe einen spielerischen Zugang ermöglichte, geht es nun in der Übungs- und Vertiefungsaufgabe darum, Informationen aus einem Sachtext zu erschliessen und diese in eigene Worte zu fassen. Aufgrund der Offenheit der Lösung (Text an eine Mitschülerin) können unterschiedliche Lernvoraussetzungen kompensiert werden. Dazu wird es aber nötig sein, dass die Lehrperson ein entsprechendes Scaffolding anbietet, beispielsweise mit dem Lesefächer für die Naturwissenschaften (siehe Seite 10f).

Synthese- und Transferaufgabe

Die nachfolgend beschriebene Aufgabe, bei der mit den veränderten und erweiterten Vorstellungen zur Entstehung und Entwicklung des Lebens gearbeitet wird, geht fließend von einer Synthese- in eine Transfersituation über.

Während zu Beginn die Fragestellungen vom Unterrichtsbeginn nochmals aufgenommen und nun vertieft beantwortet werden, gilt es danach, das Erlernete anzuwenden,

zu verallgemeinern, zu transferieren. Alle im Verlauf der Unterrichtseinheit erarbeiteten Kompetenzaspekte werden also in bedeutsamen Anwendungssituationen zusammengeführt. Mit der Möglichkeit, eigene Fragen und Antworten zu Phänomenen der Natur zu entwickeln, die mittels Evolutionstheorie erklärt werden können, fordert die Aufgabe zudem zu kreativen Transferleistungen heraus und erlaubt den Schülerinnen und Schülern gleichzeitig, selbstdifferenzierend zu arbeiten. Um sie bei dieser kognitiv herausfordernden Tätigkeit nicht auch noch in formaler Hinsicht zu stark zu fordern, ist die Aufgabe vorstrukturiert und damit formal komplexitätsreduziert. Im Wissen darum, dass Bewertung und Leistungsmessung einen wesentlichen Bestandteil von Schule darstellt, soll hier abschliessend auf eine mögliche summative Beurteilung (Bewertung des Kompetenzstandes) hingewiesen werden. Dabei gilt zu beachten, dass im kompetenzfördernden Unterricht Beurteilungsaufgaben eine hohe Merkmalsähnlichkeit mit Aufgaben zum Anwenden und Übertragen aufweisen (Luthiger et al., 2014). Im vorliegenden Fall könnten jene Teile der Transferaufgabe, bei der die Lernenden Fragen zu einem Phänomen der Natur stellen und diese mittels Evolutionstheorie beantworten, in einer analogen Form in eine Lernkontrolle einfließen.

Aufgabe zum Anwenden und Übertragen: Alltagsvorstellungen und Wissenschaft

(Auszug aus: Evolution verstehen – Die Lernumgebung, 2009a)

- In Einzelarbeit antwortest du nochmals – und jetzt ausführlich – auf die eingangs diskutierte Zeitschlagzeile sowie die vier Fragen «Das erkläre ich mir so...». Dabei müssen die neu gelernten Fachbegriffe genutzt werden: Art, Fortpflanzung, DNS, Gen, Gendrift, Körpereigenschaften, Mutation, Partnerwahl, Protein, Rekombination, Selektion, Sterben, Überleben, Umwelt, Zufall.
- In Expertengruppen (ca. 4 bis 5 Lernende) tauscht ihr eure eben festgehaltenen Erkenntnisse aus. Danach erstellt ihr gemeinsam eine ähnliche Frage (inkl. Lösung) zu Phänomenen der Natur, die mit der Evolutionstheorie beantwortet werden kann. Sowohl zur Frage wie auch zu eurer Lösung erhaltet ihr von der Lehrperson ein Feedback.
- In Einzelarbeit beantwortest du die in den verschiedenen Expertengruppen erstellten Fragen. Nutze wiederum die bereits gelernten Fachbegriffe dazu (vgl. oben).
- In Puzzlegruppen (jeweils eine Schülerin bzw. ein Schüler aus jeder Expertengruppe) korrigiert ihr gegenseitig die Antworten.

Das Lernen begleiten und bewerten

Formative Beurteilung mit Aufgaben

Adaptive Lernbegleitung über formative Beurteilung kann sehr vielgestaltig erfolgen. Die einfachste Möglichkeit ist ganz beiläufig, indem die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler beim Lösen der Erarbeitungsaufgaben bzw.

bei den Übungs- und Vertiefungsaufgaben beobachtet und wo nötig unterstützt. Bei anspruchsvollen Konzepten wie der Evolutionstheorie lohnt es sich aber auch, eigentliche Beurteilungsaufgaben einzusetzen, um die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler genauer einzuschätzen. Die folgende formative Beurteilungsaufgabe hat sich in der Praxis bewährt:

Beispiel einer Aufgabe zur formativen Beurteilung: Überblick Evolutionsprozess

(Auszug aus: Evolution verstehen – Die Lernumgebung, 2009a)

Die Lehrperson demonstriert mittels weniger Begriffe, wie eine Konzeptkarte funktioniert. Sie bespricht die Technik an einfachen Begriffen wie Katze, Mausjagd, Vogeljagd, Erfolg, Hunger, Misserfolg usw., die mit Wirkpfeilen und zugehörigen Verben verbunden werden (macht, führt zu, stillt usw.).

1. Das Erstellen von Konzeptkarten erfolgt in Einzelarbeit.
2. Den Schülerinnen und Schülern wird mindestens zu zwei verschiedenen Zeitpunkten während der Arbeit mit der Lernumgebung die Gelegenheit geboten, ihre persönliche, aktuelle Konzeptkarte zu erstellen.
3. Für mindestens eine Konzeptkarte erhalten die Lernenden eine Rückmeldung durch die Lehrperson, für die anderen eine Rückmeldung durch eine Kollegin oder einen Kollegen.

4. Zu jedem Zeitpunkt können die Schülerinnen und Schüler mit allen Begriffen arbeiten, auch mit solchen, die sie noch nicht kennengelernt haben. Sie dürfen ebenfalls zu jedem Zeitpunkt eigene Begriffskarten einfügen.

5. Beim Erstellen der letzten Konzeptkarte sollten alle vorgegebenen Begriffe genutzt werden oder mit entsprechenden eigenen ersetzt sein.

Mögliche Begriffe für die Konzeptkarte sind: Austausch von Genen, Fortpflanzung, Gendrift, unterschiedliche Typen von Lebewesen, Mutation der Gene, neue Art, Rekombination der Gene, Selektion, Sterben, Überhandnehmen eines Typs, Überleben, Umwelt und Partnerwahl, unterschiedliche Körpereigenschaften, Vielfalt der Gene, Zufall, zufällige Kopierfehler.

Die formative Beurteilungsaufgabe «Überblick Evolutionsprozess» wird mehrfach eingesetzt, dadurch können die Schülerinnen und Schüler ausgehend von ihren Vorstellungen und ihrem Vorwissen erkennen, was sie bereits zu Beginn wussten, was sie neu dazugelernt haben und wo sie noch immer Lücken aufweisen. Die Methode der Konzeptkarte erleichtert das Aufdecken von Lücken. Wenn

vorgegebene Begriffe oder Begriffsfolgen nicht eingeordnet werden können, ist davon auszugehen, dass das entsprechende Konzept noch nicht verstanden ist. Die Lernenden erhalten bereits vor der differenzierten Rückmeldung durch Peers oder durch die Lehrperson ein erstes grobes Feedback zum Stand ihrer Kenntnisse.

Summative Beurteilung mit Aufgaben

Die nachfolgenden summativen Beurteilungsaufgaben könnten in ihrer Summe als Abschlussprüfung dienen. Sie umfassen den gesamten Kompetenzaufbau der Unterrichtseinheit «Evolution und Genetik – strukturieren, modellieren, analysieren», also mehr als nur die hier vorgestellten Lernaufgaben. Dabei prüft Aufgabe (1) die Kompetenzen A2.1 sowie A2.2, Aufgabe (2) die Kompetenz A1.2, Aufgabe (3) die Kompetenzen A1.2, A1.3 sowie A2.2 und Aufgabe (4) die Kompetenzen A3.1 sowie A3.3.

Beispiel von Aufgaben zur summativen Beurteilung: Lernkontrolle

(1) Konzept der Evolution

Lege und kommentiere eine Konzeptkarte, die folgende Begriffe enthält:

Art, Fortpflanzung, DNS, Gen, Protein, Gendrift, Körper-eigenschaften, Mutation, Partnerwahl, Rekombination, Selektion, Sterben, Überleben, Umwelt, Zufall.

(2) Ordnen/Strukturieren

Erstelle einen naturwissenschaftlich realistischen Stammbaum der Kopflinge. Entsprechende Bilder finden sich unter Armbruster et al. (2017).

(3) Umgang mit Modellen

Erläutere und begründe, was bei einem Stammbaum von realen Lebewesen vermutlich gleich wie beim Stammbaum der Kopflinge und was anders wäre.

(4) Beurteilen/Einschätzen

Vergleiche gezüchtete Tomaten mit gentechnisch veränderten Tomaten. Bei beiden Varianten wird das gleiche Ziel verfolgt: Tomaten, die weniger rasch matschig werden. Begründe, welche Tomate du lieber essen würdest und wie du zu dieser Schlussfolgerung kommst.

Mit den vorliegenden Aufgaben lassen sich Lernleistung in allen vier erlernten Wissensarten bewerten: Fakten mit (1) und (2), Fertigkeiten mit (3), Konzepte mit (1), (2) und (4), Metakognition (4). Alle Aufgaben lassen mehrere korrekte Lösungswege und mehrere korrekte Lösungen zu. Schliesslich verlangen die Prüfungsaufgaben von den Lernenden einen anspruchsvollen Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen (Texte, Bilder, Grafiken), dabei werden die erlernten Kompetenzen in unterschiedlichen Anwendungssituationen geprüft, die von den Lernenden einen Transfer der erlernten Kompetenzen voraussetzen.



Unterrichtsplanungen

NT – Biologie – Evolution und Genetik

Das Lernen reflektieren und auswerten

Die Lernreflexion kann ohne grossen Aufwand mittels einer zentralen Aufgabe aus der Unterrichtsreihe erfolgen oder mit einem spezifischen Beurteilungsinstrument. Diese bietet eine präzisere Einschätzung der Kompetenzentwicklung, ist aber in der Vorbereitung, Durchführung und Aufarbeitung zeitlich aufwändiger.

Im vorliegenden Beispiel eignet sich die Erarbeitungsaufgabe «Grundprinzipien der Evolutionstheorie», um den im Verlauf des Unterrichts veränderten und erweiterten Vorstellungen zur Entstehung und Entwicklung des Lebens nachzugehen. Jede Schülerin bzw. jeder Schüler vergleicht sein Erkenntnisrad der ersten Doppellektion mit einer aktuellen Version. Dabei könnten sie sich folgende Fragen stellen:

- » Welche damals offengebliebenen Antworten kann ich nun geben? Welche Erklärungen haben sich grundlegend geändert? Wieso? Welche nicht?
- » Welche Unterrichtssequenzen waren für mich bedeutend, um das Prinzip der Evolution zu verstehen? Was nehme ich mit in den Alltag?

Für eine Lernreflexion mit einem Beurteilungsinstrument bietet sich das Kompetenzerwerbsschema (Abb. 3) als Teil einer Lernlandkarte an. Die Schülerinnen und Schüler schätzen dabei ihre Denk- und Handlungsweisen im Hinblick auf die Thematik ein bzw. ihre Konzepte im Hinblick auf das wissenschaftsnahe Denken und Handeln.

Beispiel einer Aufgabe zur Lernprozessreflexion mit einem Beurteilungsinstrument

- Schätze deinen Kompetenzstand auf einer vierstufigen Skala ein.
- Begründe deine Einschätzung.
- Belege die Einschätzung mit einem Beispiel, das du erarbeitet hast.
- Überlege dir, was du von wem noch benötigst und/oder was du noch machen könntest, damit du deinen Kompetenzstand durchgängig auf Niveau 2 oder 3 steigern kannst, falls er dies noch nicht ist.

| Erwarteter Kompetenzstand | nicht erreicht ▶ 0 ansatzweise erreicht ▶ 1 grossteils erreicht ▶ 2 vollständig erreicht ▶ 3 | mein Beleg, meine Dokumentation, mein Beispiel |
|---|---|--|
| Ich kann Ordnungssysteme der Lebewesen (z.B. Stammbäume) hinterfragen und als Modelle erkennen. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Ich kann die Veränderlichkeit der Arten erfassen, auftretende Probleme benennen und begründete Vermutungen dazu äussern. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Ich kann den Zusammenhang von DNS, Genen, Proteinen und Merkmalsausprägungen herstellen und diese mit Mutation und Rekombination in Verbindung bringen. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Ich kann prozesshafte Modelle (z.B. Simulationsspiele) nutzen, um den Prozess der Evolution zu verstehen und Gesetzmässigkeiten auf die Wirklichkeit zu übertragen. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Ich kann aus dem Grundverständnis der molekularen Genetik das Prinzip der Gentechnik ableiten und diese den Methoden der modernen Züchtung gegenüberstellen. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Ich kann biologische Kenntnisse, insbesondere der Genetik nutzen, um die Vielfalt und Veränderlichkeit der Lebewesen mit Prinzipien der Evolutionstheorie zu begründen. | ▶ 0 ▶ 1 ▶ 2 ▶ 3 Weil ... | |
| Schlussfolgerung für meinen Lernprozess | | |

Unterricht evaluieren und auswerten

Die didaktische Rekonstruktion kann als Evaluationsinstrument des eigenen Unterrichts dienen. In Abb. 9 werden mögliche Fragen aufgeworfen, die der Evaluation des Unterrichtsangebots dienen könnten. Sie starten bei Fragen zum Umgang mit den Perspektiven der Lernenden bzw. zur Auswahl des Lerngegenstandes und enden bei der Evaluation der Lernaufgaben, die eine lernförderliche Korrespondenz ermöglichen sollen.

Auf ein Beispiel zur Evaluation der Unterrichtsnutzung und des Lernertrags der Schülerinnen und Schüler sowie der Evaluation des professionellen Selbst wird verzichtet, da eine entsprechende Analyse ohne realen Unterricht rein hypothetisch wäre. Beides könnte jedoch ebenfalls mit dem erweiterten Modell der didaktischen Rekonstruktion evaluiert werden.

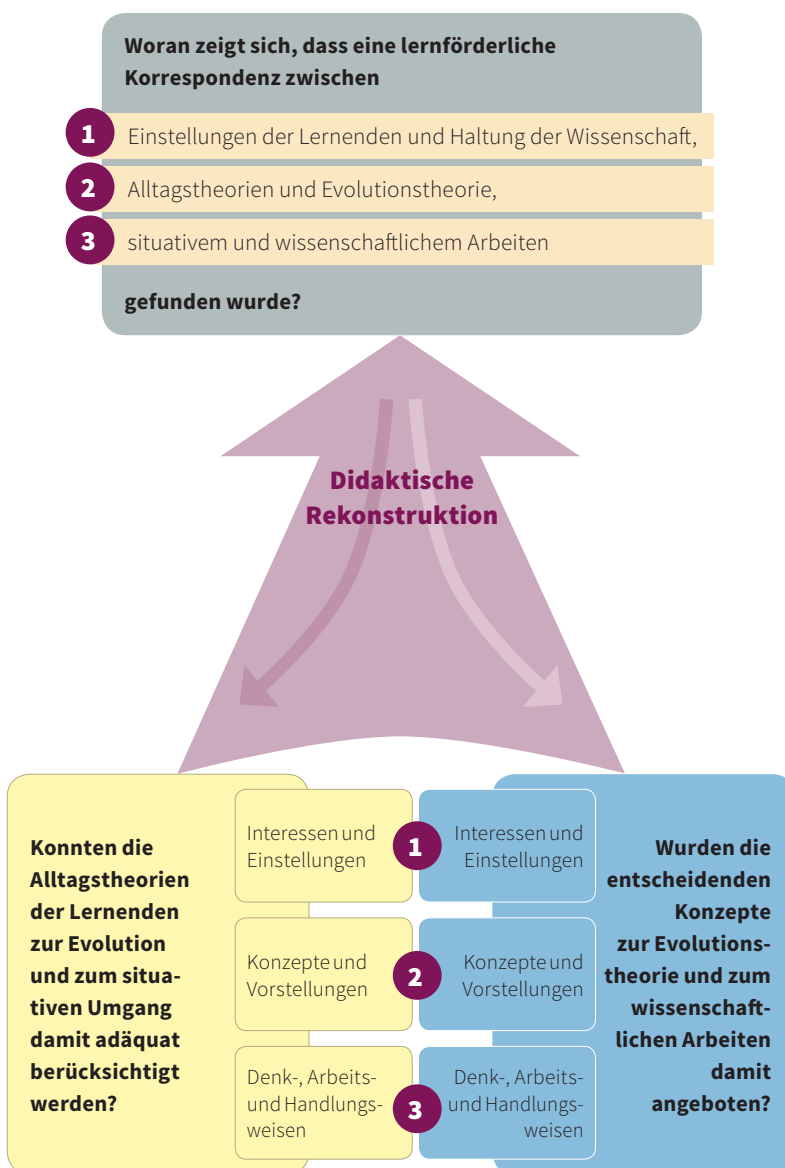


Abb. 9: Evaluation des Unterrichtsangebots mit dem erweiterten Modell der didaktischen Rekonstruktion

Literatur

- Armbruster, T., Böck, G., Dreher, C., Hoffmann, M., Jost-Kant, M., Mayer, P. & Schindler, R. (2017). Kopflinge, Stammbäume – Evolution im Kopf. Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen. Online unter: http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/bio/gym/fb4/3_stamm/11_kopf/ (16.08.2017).
- Luthiger, H., Wilhelm, M. & Wespi, C. (2014). Entwicklung von kompetenzorientierten Aufgabensets: Modell und Kategoriensystem. *Journal für LehrerInnenbildung*, 14 (3). 56–66.
- Wilhelm, M. (2009a). Evolution verstehen – die Lernumgebung. Bern: schulverlag blmv.
- Wilhelm, M. (2009b). Evolution verstehen – das Magazin. Bern: schulverlag blmv.