




„Giraffen mutierten, weil sie einen langen Hals brauchten“: Alternative Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution – Diagnose und Umgang Praktische Vorschläge für den Biologieunterricht

Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution

„Nothing in biology makes sense except in the light of evolution“, schrieb der Evolutionsbiologe Dobzhansky (1973) und wies damit auf die Tatsache hin, dass ein vollumfängliches Verständnis der Biologie ohne eine fundierte Kenntnis der Evolutionstheorie nicht möglich ist. Zudem besitzt die Evolutionstheorie die Fähigkeit, die zahlreichen Teildisziplinen der Biologie zu vereinen und Antworten auf relevante Fragen wie der Entstehung der heutigen Biodiversität, der Stellung des Menschen im natürlichen System der Organismen oder auch der Entstehung von Antibiotikaresistenzen zu liefern (Lammert, 2012). Zahlreiche Studien zeigen jedoch, dass eine Vielzahl an Schülerinnen und Schülern (SuS) häufig auch nach dem Biologieunterricht kein angemessenes Verständnis der Evolution und insbesondere der natürlichen Selektion besitzt, sondern stattdessen zahlreiche alternative Vorstellungen zu evolutiven Prozessen (u.a. Baalman et al., 2004; Johannsen & Krüger, 2005; Lammert, 2012; für einen Überblick s. Gregory, 2009; Hammann & Asshoff, 2014). Es erscheint daher von großer Bedeutung, dass Biologielehrkräfte diese alternativen Vorstellungen ihrer SuS kennen und diese diagnostizieren können. Zudem sollten sie angemessene Reaktionen auf diese Vorstellungen kennen und anwenden können (Ziadie & Andrews, 2018). Es hat sich jedoch gezeigt, dass es (angehenden) Biologielehrkräften – unter anderem abhängig von ihrem Fachwissen und ihrer Berufserfahrung – teilweise an einem umfangreichen fachdidaktischen Wissen bezüglich der Diagnose und des Umgangs mit alternativen Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution fehlt (Hartelt, 2020). Daher sollen im Folgenden einige Vorschläge zur Diagnose und zum Umgang mit alternativen Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution gegeben werden. Diese Vorschläge sind dabei lediglich als Anregungen zu verstehen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zudem hängt die konkrete Umsetzung der Vorschläge immer von der Jahrgangsstufe sowie den individuellen Voraussetzungen der SuS ab. Insbesondere zum Umgang mit Schüler(innen)vorstellungen können nur mögliche Handlungsoptionen aufgezeigt werden. Die Untersuchung der Effektivität verschiedener Ansätze zum Umgang mit Schüler(innen)vorstellungen ist weiterhin Gegenstand empirischer Forschung. Weiterhin sollte der Einsatz spezifischer Umgangsweisen immer an den spezifischen Vorstellungen der SuS ausgerichtet sein und nachfolgend reflektiert werden. Die nachfolgenden Vorschläge sollen daher vor allem dazu anregen, sich mit Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution näher zu befassen, den eigenen Unterricht an diesen Schüler(innen)vorstellungen auszurichten und in der Praxis Erfahrungen im Umgang mit Schüler(innen)vorstellungen zu sammeln.

Tab. 1: Übersicht über die häufigsten alternativen Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution.

Bezeichnung der alternativen Vorstellungen	Erklärung	Beispiel
Teleologische Vorstellungen	Evolutionäre Veränderungen werden auf eine Notwendigkeit zurückgeführt; Evolution erscheint ziel- bzw. zweckgerichtet.	„Ein Biologe könnte erklären, dass im Laufe der Jahre und Generationen [bei Geparden] die Notwendigkeit [Hervorh. d. Verf.] einer schnelleren Geschwindigkeit vorhanden war, sodass jede Generation etwas schneller war als die vorherige...“ (Erklärung einer / eines Lernenden der 9.–12. Stufe zur evolutionären Veränderung der Geschwindigkeit bei Geparden, zitiert nach Settlage, 1994, übersetzt durch d. Verf.)
Anthropomorphe Vorstellungen	Evolutionäre Veränderungen werden auf bewusste Entscheidungen von Individuen oder eine personifizierte Natur zurückgeführt.	„Sie [die Ente] merkt [Hervorh. d. Verf.], dass sie sich im Wasser schlecht bewegen kann, wenn sie mit ihren drei Zehen da herumpaddelt. Sie [...] merkt, [...] dass man besser voran kommt, wenn man eine größere Fläche hat.“ (Erklärung einer / eines Lernenden der 11. Stufe zur evolutionären Entstehung von Schwimmhäuten bei Enten, zitiert nach Baalman et al., 2004)
Essentialistische Vorstellungen / Vorstellungen einer Transformation	Individuen einer Population werden als identisch wahrgenommen und Variation wird nicht beachtet beziehungsweise als irrelevant für die Evolution angesehen. Evolutionäre Veränderungen vollziehen sich mit jeder Generation bei jedem Individuum.	
„Lamarckistische“ Vorstellungen	Evolutionäre Veränderungen werden (in Anlehnung an Lamarck) mit der Benutzung bzw. Nicht-Benutzung bestimmter Merkmale sowie der Vererbung dieser erworbenen Veränderungen an die Nachkommen begründet.	„Die Salamander begannen in Höhlen zu leben, in denen sie ihre Augen nicht benutzten [Hervorh. d. Verf.]. [...] Mit jeder Generation wurde das Sehvermögen der Salamander schlechter, bis sie schließlich blind waren.“ (Erklärung einer / eines Lernenden der 9.–12. Stufe zur evolutionären Abnahme der Sehfähigkeit bei Höhlensalamandern, zitiert nach Settlage, 1994, übersetzt durch d. Verf.)

Diagnose von Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution

Es ist davon auszugehen, dass eine Kenntnis typischer alternativer Schüler(innen)vorstellungen hilfreich ist, um die Vorstellungen der eigenen SuS einfacher diagnostizieren zu können (Gregory, 2009). Eine Übersicht über Schüler(innen)vorstellungen in den verschiedenen Themenbereichen des Biologieunterrichtes geben zum Beispiel Hammann und Asshoff (2014). Tab. 1 konzentriert sich hingegen auf die häufigsten Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution. Die grundlegenden Denkmuster hinter diesen Vorstellungen treten jedoch auch in anderen Themenbereichen des Biologie- und Naturwissenschaftsunterrichtes auf (ebd.).

Um die dargestellten Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution oder zu anderen Themenbereichen im Unterricht hervorzurufen, den Lernenden bewusst zu machen und im Folgenden für Lernprozesse nutzbar zu machen, können verschiedene Diagnoseaufgaben eingesetzt werden, wie etwa offene Fragen, geschlossene Fragen/*Concept Inventories* oder Zeichnungen. Ausgehend von der Diagnose der Schüler(innen)vorstellungen können zum Beispiel der weitere Unterricht geplant oder die verschiedenen Vorstellungen direkt im Unterricht besprochen und diskutiert werden.

Offene Fragen

Offene Fragen, die sich auf evolutive Veränderungen beziehen, sollten als *Wie*- anstatt als *Warum*-Fragen formuliert sein, damit SuS nicht dazu gedrängt werden, lediglich die Funktion eines Merkmals als Antwort zu nennen (z.B. „Wie hat sich die Fähigkeit des schnellen Laufens bei Geparden entwickelt?“ anstatt „Warum können Geparde schnell laufen?“).

Ein Vorteil des Einsatzes offener Fragen ist, dass bei SuS oft fachlich richtige und alternative Vorstellungen koexistieren (Lammert, 2012; Opfer et al., 2012) und bei dieser Diagnosemöglichkeit die Vielzahl an Vorstellungen erfasst werden kann. Sinnvoll ist es hierbei im Themenbereich Evolution auch, die Kontexte (Pflanze/Tier; Erwerb/Verlust eines Merkmals; bekannte/unbekannte Art ...) der Fragen zu variieren, da SuS je nach Kontext andere Vorstellungen äußern (Nehm & Ha, 2011): Nur, weil eine Schülerin/ein Schüler den evolutiven Erwerb eines Merkmals angemessen erklären kann, bedeutet dies nicht, dass sie/er auch den Verlust eines Merkmals fachlich richtig erklären kann.

Beispiele:

- s. Aufgaben 1 & 2 der Kopiervorlage
- ACORNS-Instrument zur Messung des Verständnisses der natürlichen Selektion (Nehm et al., 2012)

Geparde können über 100 km/h schnell rennen, wenn sie auf der Jagd nach Beute sind. Wie würde eine Biologin / ein Biologe erklären, wie sich die Fähigkeit des schnellen Laufens bei Geparden entwickelt hat, wenn ihre Vorfahren nicht so schnell laufen konnten?

Geparde mutierten, weil sie schneller laufen mussten um Beute zu fressen. Sie mutierten, dass ihre natürliche Geschwindigkeit nicht ausreichte um die ebenfalls immer schneller werdenden Antilopen zu fressen. Daher liefen sie vorteilhafter Mutationen.

Geschlossene Fragen/Concept Inventories

Multiple- bzw. *Single-Choice*-Fragen können entweder selbst formuliert oder es kann auf Fragen aus *Concept Inventories* zurückgegriffen werden. *Concept Inventories* bestehen aus einer umfangreichen Anzahl an geschlossenen Fragen zu einem bestimmten Themenbereich, z.B. natürliche Selektion, Makroevolution oder genetische Drift. In der Regel enthalten die vorgegebenen Antwortoptionen eine fachlich richtige Lösung und drei bis vier Distraktoren, die auf gängigen alternativen Vorstellungen beruhen. Ein Vorteil der Nutzung von *Concept Inventories* ist ein geringer Auswertungsaufwand, ein Nachteil hingegen, dass durch die vorgegebenen Antworten eventuell nicht alle Vorstellungen der SuS erfasst werden können.



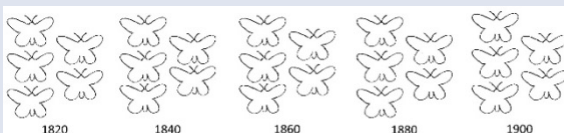
Beispiele:

- s. Aufgabe 3 der Kopiervorlage
- *Conceptual Inventory of Natural Selection* (Anderson et al., 2002)
- *Measure of Understanding of Macroevolution* (Nadelson & Southerland, 2010)
- *Genetic Drift Inventory* (Price et al., 2014)
- *Evolution Education Questionnaire on Acceptance and Knowledge* (Beniermann et al., 2021)

Zeichnungen

Zeichnungen der SuS können ebenso wie Antworten auf offene und geschlossene Fragen Rückschlüsse auf fachliche und nicht-fachliche Konzepte der SuS erlauben.

Beispiel: Die SuS können etwa gebeten werden, die Färbung einiger Individuen einer Birkenspannerpopulation zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert einzuzeichnen (s. Aufgabe 4 der Kopiervorlage; vgl. Shtulman, 2006).



Umgang mit Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution

Es gibt eine anhaltende Debatte darüber, wie man angemessen mit alternativen Schüler(innen)vorstellungen umgehen sollte. Zusätzlich hängt die Angemessenheit des Umgangs von verschiedenen Faktoren ab, wie z. B. dem Grad der Abweichung der Schüler(innen)vorstellung vom wissenschaftlichen Konzept oder der Überzeugung der Schülerin / des Schülers von ihrer / seiner alternativen Vorstellung (Taber, 2017). Es lässt sich jedoch festhalten, dass es aus konstruktivistischer Sicht zumindest nicht ausreicht, den SuS lediglich die wissenschaftlichen Konzepte zu lehren und davon auszugehen, dass diese daraufhin ihre Vorstellungen ändern werden. Dafür haben sich die Vorstellungen von SuS als zu resistent gegenüber Instruktion erwiesen (Lammert, 2012; Shutlman et al., 2016). Stattdessen wird empfohlen, die spezifischen Schüler(innen)vorstellungen im Unterricht zu berücksichtigen (Gropengießer & Marohn, 2018). Wenn vor dem Unterricht eine Diagnose – zum Beispiel mithilfe der zuvor aufgeführten Diagnoseinstrumente – durchgeführt oder die Literatur zu Schüler(innen)vorstellungen konsultiert wurde, können Schüler(innen)vorstellungen bereits bei der Planung des Unterrichtes berücksichtigt werden und entsprechende Lernaktivitäten konstruiert werden. Neben der Planung angemessener Lernaktivitäten ist es für Lehrkräfte jedoch ebenso wichtig, auf spontan geäußerte Schüler(innen)vorstellungen im Unterricht angemessen reagieren zu können. Dies verlangt etwas Übung und Spontanität seitens der Lehrkraft, aber die im Folgenden ausgewählten Handlungsoptionen können eine erste Orientierung bieten und erste Ideen liefern:

Kognitiver Konflikt

Ein kognitiver Konflikt kann erzeugt werden, wenn SuS mit Informationen oder Erfahrungen konfrontiert werden, die nicht mit ihren aktuellen Vorstellungen übereinstimmen. Besitzen SuS etwa teleologische Vorstellungen, können sie z.B. mit Merkmalen ohne offensichtlichen Nutzen (z.B. Flügel beim Strauß) konfrontiert werden, um darüber nachzudenken, warum Merkmale existieren, wenn sie gar nicht gebraucht werden (Kampourakis et al., 2012). Ebenso können nicht existierende Merkmale, die einen Nutzen hätten (z.B. Kiemen bei Walen) und bei anderen Organismen vorkommen, die in der gleichen Umwelt leben (z.B. Haie), dazu anregen, zu überlegen, warum diese Merkmale nicht existieren, wenn sie doch nützlich wären (Kampourakis, 2020). Ziel der Erzeugung eines kognitiven Konfliktes ist es, dass die SuS erkennen, dass ihre aktuelle Vorstellung (z.B. teleologische Vorstellung) nicht ausreichend zum Verständnis von Evolution ist und dadurch offen für eine neue, wissenschaftlich korrekte Vorstellung sind.



Metakognition

Da die Denkmuster, die vielen alternativen Vorstellungen zugrunde liegen, häufig im Alltagskontext nützlich sind und daher weder beseitigt werden können noch sollten, kann SuS dabei geholfen werden, metakognitive Fähigkeiten zu entwickeln, um die Nutzung alternativer Konzepte (z.B. Teleologie) im Kontext der Evolution zu regulieren: Den SuS kann beispielsweise in einfacher Sprache explizit erklärt werden, was Teleologie ist (= zielgerichtete Erklärungen), zusammen mit Beispielen und einer Liste an Schlüsselwörtern. Daraufhin kann mit den SuS die Identifizierung von teleologischen Ausdrücken in verschiedenen Kontexten (z.B. in Texten, Dokumentationen...) geübt werden. Dadurch können die SuS dazu befähigt werden, Teleologie auch in ihrem eigenen Denken zu identifizieren. Mit den SuS sollte weiterhin wiederholt an verschiedenen Beispielen diskutiert werden, ob ein bestimmter teleologischer Ausdruck in einem spezifischen Kontext angemessen ist oder nicht (vgl. González Galli et al., 2020).

Anknüpfung

Um essentialistischen Vorstellungen zu begegnen, kann der Fokus zum Beispiel auf intraspezifische Variation gelegt werden. Hierbei kann an das Vorwissen der SuS angeknüpft werden, indem etwa auf Unterschiede zwischen den SuS selbst oder zwischen Individuen ihnen bekannter Arten eingegangen wird. Der Fokus sollte im Folgenden jedoch nicht nur auf der phänotypischen Ebene, sondern auch auf der genotypischen Ebene sowie auf der Bedeutung der Variation für die Selektion liegen, da SuS häufig zwar Variation erkennen, diese allerdings als irrelevant erachten (vgl. Shtulman & Schulz, 2008).

Literatur

- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 952–978. https://nescent.org/courses/2010/eogsummer/documents/CINS6_03.pdf
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- Beniermann, A., et al. (2021). Evolution Education Questionnaire on Acceptance and Knowledge (EEQ) – Standardised and ready-to-use protocols to measure acceptance of evolution and knowledge about evolution in an international context. <https://zenodo.org/record/4554742#.YJVwELUzZPY>
- Bishop, B., & Anderson, C. (1986). Evolution by natural selection: A teaching module. *Occasional paper*, 91. East Lansing: The Institute for Research on Teaching.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129.
- González Galli, L. M., Pérez, G., & Gómez Galindo, A. A. (2020). The self-regulation of teleological thinking in natural selection learning. *Evolution: Education and Outreach*, 13(6).
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 156–175.
- Gropengießer, H., & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–68). Berlin: Springer.
- Hammann, M., & Asshoff, R. (2014). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten. Seelze: Klett / Kallmeyer.
- Hartelt, T. (2020). *Einfluss der Berufserfahrung von Biologielehrkräften auf den Umgang mit Schüler(innen)vorstellungen zur Evolution*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Ruhr-Universität Bochum.
- Johannsen, M., & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution – eine quantitative Studie. *Berichte des Institutes für Didaktik der Biologie*, 14, 23–48.
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., & Taper, M. L. (2016). Development and validation of the conceptual assessment of natural selection (CANS). *CBE – Life Sciences Education*, 15(4), 1–11.
- Kampourakis, K. (2020). Students' "teleological misconceptions" in evolution education: Why the underlying design stance, not teleology per se, is the problem. *Evolution: Education and Outreach*, 13(1).
- Kampourakis, K., Palaiokrassa, E., Papadopoulou, M., Pavlidi, V., & Argyropoulou, M. (2012). Children's intuitive teleology: Shifting the focus of evolution education research. *Evolution: Education and Outreach*, 5, 279–291.
- Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Unveröffentlichte Dissertation, Technische Universität Dortmund.
- Nadelson, L. S., & Southerland, S. A. (2010). Development and preliminary evaluation of the measure of understanding of macroevolution: Introducing the MUM. *The Journal of Experimental Education*, 78, 151–190. https://www.researchgate.net/publication/233108952_Development_and_Preliminary_Evaluation_of_the_Measure_of_Understanding_of_Macroevolution_Introducing_the_MUM
- Nehm, R., Beggrow, E., Opfer, J., & Ha, M. (2012). Reasoning about natural selection: Diagnosing contextual competency using the ACORNS instrument. *The American Biology Teacher*, 72(2), 92–98.
- Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 237–256.
- Opfer, J. E., Nehm, R. H., & Ha, M. (2012). Cognitive foundations for science assessment design: Knowing what students know about evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(6), 744–777.
- Price, R. M., Andrews, T. C., McElhinny, T. L., Mead, L. S., Abraham, J. K., Thanukos, A., & Perez, K. E. (2014). The Genetic Drift Inventory. A tool for measuring what advanced undergraduates have mastered about genetic drift. *CBE – Life Sciences Education*, 13(1), 65–75. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3940465/>
- Settlage, J. (1994). Conceptions of natural selection. A snapshot of the sensemaking process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449–457.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52(2), 170–194.
- Shtulman, A., Neal, C., & Lindquist, G. (2016). Children's ability to learn evolutionary explanations for biological adaptations. *Early Educational and Development*, 27(8), 1222–1236.
- Shtulman, A., & Schulz, L. (2008). The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. *Cognitive Science*, 32(6), 1049–1062.
- Taber, K. S. (2017). The nature of student conceptions in science. In K. S. Taber & B. Akpan (Hrsg.), *Science Education. An International Course Companion* (S. 119–131). Rotterdam, Niederlande: Sense Publishers.
- Ziadie, M. A., & Andrews, T. C. (2018). Moving evolution education forward: A systematic analysis of literature to identify gaps in collective knowledge for teaching. *CBE – Life Sciences Education*, 17(1), 1–10.

Kopiervorlage: Diagnoseaufgaben zur natürlichen Selektion

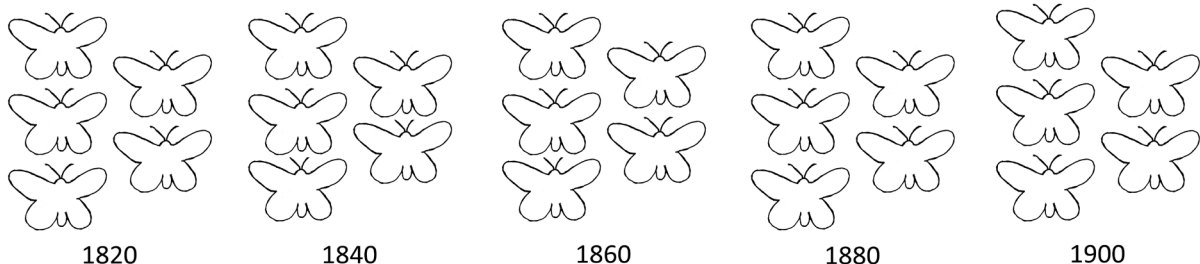
1. Geparde können über 100 km/h schnell rennen, wenn sie auf der Jagd nach Beute sind. Wie würde eine Biologin / ein Biologe erklären, wie sich die Fähigkeit des schnellen Laufens bei Geparden entwickelt hat, wenn ihre Vorfahren nicht so schnell laufen konnten?

2. Eine in Höhlen lebende Salamander-Art (*Proteus anguinus*) besitzt verglichen mit anderen Salamander-Arten rückgebildete Augen, wodurch sie nicht sehen kann. Wie würde eine Biologin / ein Biologe erklären, wie sich die fehlende Sehfähigkeit bei dieser Salamander-Art entwickelt hat, wenn ihre Vorfahren funktionsfähige Augen hatten?

3. Welche der folgenden Aussagen beschreibt am besten, wie sich die lange Zunge bei Ameisenbären im Laufe der Evolution entwickelt hat?

- a) Den Ameisenbären wuchsen lange Zungen, weil sie das Innere von Ameisenhöhlen erreichen mussten.
- b) Die Ameisenbären entwickelten lange Zungen, weil sie ihre Zungen ständig streckten.
- c) Zufällige Mutationen traten auf, weil die Ameisenbären sich verändern mussten.
- d) In jeder Generation überlebten die Ameisenbären mit den längsten Zungen am ehesten und pflanzten sich fort.
- e) Einzelne Ameisenbären erkannten, dass sie mit längeren Zungen einen Vorteil gegenüber ihren Artgenossen haben.

4. Birkenpanzer sind typischerweise hell gefärbt und daher auf der hellen Rinde von Birken gut getarnt. Infolge der Luftverschmutzung durch die Industrielle Revolution waren die Birken im Verlauf des 19. Jahrhunderts in England jedoch zunehmend dunkel gefärbt. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts waren die Birkenpanzer in vielen Gebieten ebenfalls größtenteils dunkel gefärbt. Schattiere die unten abgebildeten Birkenpanzer bitte entsprechend der Färbung, die du bei den verschiedenen Birkenpanzern zu den unterschiedlichen Zeitpunkten erwarten würdest:



Auswertungshilfen: Diagnoseaufgaben zur natürlichen Selektion

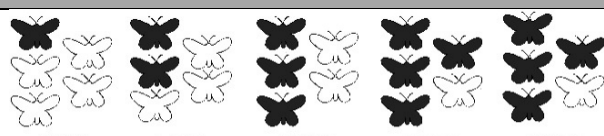
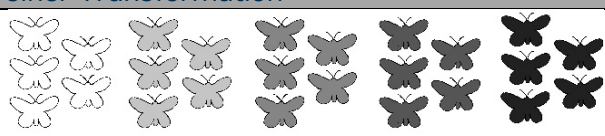
1. & 2. Die offenen Aufgaben können nach enthaltenen fachlichen Konzepten sowie alternativen Vorstellungen ausgewertet werden:

Fachliche Konzepte	Alternative Vorstellungen (Beispielformulierungen)
<ul style="list-style-type: none"> •Variation zwischen Individuen •Überproduktion von Nachkommen •Intraspezifische Konkurrenz •Selektionsfaktor(en) •Unterschiedliche Fortpflanzungserfolge •Vererbung •Veränderungen der Allelfrequenzen 	<ul style="list-style-type: none"> •Teleologische Vorstellungen (z.B. "mussten", "brauchten", "benötigten") •Antropomorphe Vorstellungen (z.B. "merkten", "erkannten", "wollten") •Lamarckistische Vorstellungen (z.B. "benutzten", "verwendeten") •Essentialistische Vorstellungen (z.B. "Die Geparde mutierten...") •Vorstellungen einer Transformation (z.B. "Von Generation zu Generation nahm die Sehfähigkeit immer ein bisschen mehr ab...")

3. Aus der angekreuzten Antwortoption kann geschlussfolgert werden, welche Vorstellung die Schülerin / der Schüler besitzt.

- Teleologische Vorstellung.
- Lamarckistische Vorstellung.
- Teleologische Vorstellung.
- Fachlich angemessene Vorstellung, basierend auf dem Prinzip der natürlichen Selektion.
- Anthropomorphe Vorstellung.

4. Aus den Zeichnungen können insbesondere darüber Annahmen angestellt werden, ob die Schülerin / der Schüler sich der Bedeutung von Variation für die Selektion bewusst ist oder eine gleichmäßige Veränderung der gesamten Population / Art annimmt.

Fachlich angemessene Zeichnung	Essentialistische Vorstellung / Vorstellung einer Transformation
 <p>1820 1840 1860 1880 1900</p>	 <p>1820 1840 1860 1880 1900</p>

Die dargestellten Aufgaben sind angelehnt an Diagnoseaufgaben aus den folgenden Veröffentlichungen:

- Bishop, B., & Anderson, C. (1986). Evolution by natural selection: A teaching module. *Occasional paper, 91*. East Lansing: The Institute for Research on Teaching.
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., & Taper, M. L. (2016). Development and validation of the conceptual assessment of natural selection (CANS). *CBE – Life Sciences Education, 15*(4), 1–11.
- Nehm, R., Beggrow, E., Opfer, J., & Ha, M. (2012). Reasoning about natural selection: Diagnosing contextual competency using the ACORNS instrument. *The American Biology Teacher, 72*(2), 92–98.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology, 52*(2), 170–194.