



– Projektskizze –
Sonderausgabe: Erkenntnisweg Biologiedidaktik

Entwicklung evolutionsbiologischer Konzepte – eine Längsschnittstudie am Übergang von Primar- zu Sekundarstufe

Anne-Kathrin Heinemann^{1,2}, Jörg Zabel¹, Kim Lange-Schubert²

¹Universität Leipzig,

Institut für Biologie, AG Biologiedidaktik

²Universität Leipzig,

Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich

ZUSAMMENFASSUNG

Schüler:innen der Klassenstufe 5 haben Schwierigkeiten dabei, die verschiedenen Konzepte des Biologieunterrichts zu verstehen und zu vernetzen. Informationen können durch Systematisierung besser gespeichert und abgerufen sowie auf neue Sachverhalte angewendet werden. Anpasstheit ist einerseits ein Kernkonzept der Evolutionsbiologie und andererseits ein Basis-konzept, das den Schüler:innen die Systematisierung der vielfältigen Phänomene ermöglicht. Die Anschlussfähigkeit des Sachunterrichts an den Fachunterricht der weiterführenden Schulen könnte durch die frühzeitige Einführung von evolutionsbiologischen Kernkonzepten verbessert werden. Das vorliegende Forschungsvorhaben wird als quasi-experimentelle Langzeitstudie in den Klassenstufen 3 bis 5 durchgeführt. In allen Lerngruppen findet eine Intervention im Pre-Post-Follow-up-Design statt. Der Schwerpunkt der Interventionen liegt in Klassenstufe 3 auf innerartlicher Vielfalt und in Klassenstufe 4 auf differentielltem Überleben. In Klassenstufe 5 wird das Konzept der Anpasstheit unterrichtet. Es wird erwartet, dass die alternativen Konzepte der Schüler:innen abnehmen und sich somit ihre Kompetenz, das Phänomen Anpasstheit naturwissenschaftlich korrekt zu erklären, weiterentwickelt.

Schlüsselwörter: Evolution, Schüler:innenvorstellungen, Langzeitstudie, Schulstufenübergang, Sachunterricht



– Project Outline –
Special Issue: Erkenntnisweg Biologiedidaktik

Development of evolutionary concepts – a long-term study at the transition from primary to secondary school

Anne-Kathrin Heinemann^{1,2}, Jörg Zabel¹, Kim Lange-Schubert²

¹*Universität Leipzig,*

Institut für Biologie, AG Biologiedidaktik

²*Universität Leipzig,*

Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar- und Primarbereich

ABSTRACT

Students in year 5 have difficulties understanding and linking the various concepts of biology lessons. Information can be better stored and retrieved through systematisation and applied to new contexts. Adaptation is a core concept of evolutionary biology and a basic concept that enables students to systematise the diverse phenomena. Core concepts can already be introduced in primary education in order to facilitate the transition to science education in secondary schools. This research project is a quasi-experimental long-term study in grades 3 to 5. An intervention in a pre-post follow-up design will take place in all learning groups. While the interventions in grade 3 will focus on intraspecific diversity, those in grade 4 will foster the concept of differential survival. In grade 5, students will learn about the concept of adaptation. We expect that the students' alternative conceptions will decrease and thus also their ability to explain the phenomenon of adaptation in scientific terms will improve.

Key words: Evolution, Student conceptions, Long-term study, School level transition, Subject teaching

1 Einleitung

Die Evolutionsbiologie hat sich zu einer bedeutsamen wissenschaftlichen Disziplin entwickelt (Nehm, 2018). Dennoch sind die meisten Lernenden nach Abschluss ihrer schulischen Ausbildung nicht in der Lage, grundlegende Prozesse wie Vererbung, Mutation und natürliche Selektion wissenschaftlich adäquat zu erklären (Nehm & Reilly, 2007). Ein übergeordnetes Ziel des Biologieunterrichts ist die „Entwicklung eines naturwissenschaftlich fundierten Weltverständnisses hinsichtlich der Mechanismen und Tendenzen der Evolution“ (Staatsministerium für Kultus [SMK], 2022, S.1). Jedoch sind die Lerninhalte „Entstehung der Artenvielfalt“ (SMK, 2022, S.31) und „Grundlagen der Evolution“ (SMK, 2019a, S.28) erst in Klassenstufe 10 verortet. Studien zeigen, dass dieser Zeitpunkt zu spät ist, um die Ideen und Erfahrungen der Schüler:innen zum Phänomen der Anpasstheit mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen zu konfrontieren (Baalman, Friedrichs, Weitzel, Gropengießer & Kattmann, 2004; Großschedl, Seredszus und Harms, 2018; Nehm & Reilly, 2007). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass alternative Ideen durch erfolgreiche Anwendung im Alltag im Gedächtnis der Lernenden fest verankert sind (Gropengießer & Marohn, 2018). Eine weitere Ursache könnte sein, dass die Kernkonzepte der Evolution nicht im Sachunterricht behandelt werden, obwohl der Lehrplan des Sachunterrichts Themen wie Anpasstheit und Vielfalt von Lebewesen als verbindliche Lerninhalte vorsieht (SMK, 2019b). Darüber hinaus zeigen Grundschüler:innen ein großes Interesse an den Naturwissenschaften (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2013). Dementsprechend dient der Sachunterricht als bedeutsame Voraussetzung für erfolgreiches Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern. Wenn sich Schüler:innen nicht rechtzeitig ihrer alternativen Vorstellungen bewusst werden und diese nicht mit anderen ggf. widersprüchlichen Kenntnissen in Verbindung bringen und reflektieren, besteht die Gefahr, dass alternative Ideen bis ins Erwachsenenalter bestehen bleiben (Baalman et al., 2004; Großschedl et al., 2018; Johannsen & Krüger, 2005; Nehm & Reilly, 2007). Die aktuelle Forschung zeigt, dass jüngere Kinder in der Lage sind, kausale Erklärungen zu äußern und Theorien zu entwickeln (Bruckermann, Fiedler & Harms, 2021). Die Vermittlung des sinnstiftenden Elements der

Evolutionsbiologie sollte bereits in der Grundschule beginnen und in verschiedenen Altersstufen im Sinne eines Spiralcurriculums wiederholt werden (Dreesmann et al., 2011).

2 Theoretischer Hintergrund und aktueller Forschungsstand

Schüler:innen kommen mit mannigfaltigen Vorstellungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese Schüler:innenvorstellungen, auch als *Präkonzepte*, *alternative Vorstellungen* oder *alternative Ideen* bezeichnet, sind subjektive gedankliche Konstruktionen (Gropengießer & Marohn, 2018). Sie werden nach Komplexitätsebenen unterschieden (Gropengießer & Marohn, 2018). Im Bereich der Schüler:innenvorstellungen zu Evolution existieren komplexere Strukturen, die mehrere Konzepte umfassen und erklärenden Charakter haben, sogenannte *Denkfiguren*. Sie zu kennen gilt als Voraussetzung für die erfolgreiche Gestaltung von Lernangeboten (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009), mit deren Hilfe Lernende ihre eigenen Vorstellungen reflektieren und hin zu wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen verändern können. Somit sind Schüler:innenvorstellungen ambivalent, da sie einerseits als Ausgangspunkt für neue Lerninhalte fungieren und sich andererseits als resistent gegenüber Belehrungen erweisen (Riemeier, 2007). In mehreren Studien wurden folgende kongruente Präkonzepte der Schüler:innen aus Grundschule und Sekundarstufe zur Evolution festgestellt: *Essentialismus*, *Finalismus* und *Intentionalismus* (Bruckermann et al., 2021; Emmons & Kelemen, 2015; Shtulman, Neal & Lindquist, 2016) sowie *Lamarckismus* (Kampourakis & Zogza, 2007; Siani & Yarden, 2022). Aufgrund dieser vorherrschenden alternativen Denkfiguren haben Schüler:innen Schwierigkeiten, ein angemessenes Verständnis über das Konzept *Anpasstheit* zu erlangen. Beispielsweise nehmen sie die *innerartliche Vielfalt* nicht wahr (Shtulman et al., 2016) oder denken, dass sich Lebewesen durch gezieltes adaptives Handeln verändern (Baalman et al., 2004). Nach der Theorie des *Conceptual Change* können alternative Vorstellungen in naturwissenschaftlich adäquate Vorstellungen überführt werden. Diesem Prozess muss, nach der klassischen Theorie von Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982), ein kognitiver Konflikt vorausgehen. Weitere Bedingungen für einen erfolgreichen Wandel sind die Unzufriedenheit

mit dem bestehenden Konzept sowie die Verständlichkeit und Plausibilität des neuen Konzepts (Krüger, 2007). Die meisten Studien zum Conceptual Change benennen das allgemeine Modell des konzeptionellen Wandels nach Posner (Aleknavičiūtė, Lehtinen & Södervik, 2023). In diesen ursprünglichen Fassungen versteht sich der Prozess als radikaler Wandel von der alternativen zur wissenschaftlichen Vorstellung. Andere Ansätze, wie die Rahmentheorie von Vosniadou (2013) bezeichnen die Verknüpfung wissenschaftlicher Informationen mit bestehenden, aber nicht kompatiblen Wissensstrukturen als einen langsamen und schrittweisen Prozess des Lernens. Die Ansätze wählen die Bezeichnung *Conceptual Reconstruction*, die Merkmale des Konstruktivismus aufweist und die zentrale Rolle der Lernenden betont (Krüger, 2007). Je nach Diskrepanz zwischen nicht-normativen und normativen Erklärungen sind weiche oder harte Umstrukturierungen nötig. Im Grundschulbereich steht die allmähliche Annäherung an wissenschaftliche Denkweisen im Vordergrund (Möller, 1997). Forschungsergebnisse zeigen, dass alternative und wissenschaftlich normative Vorstellungen nebeneinander existieren sowie durch erfolgreiche Interventionen schrittweise angenähert werden können (Bruckermann et al., 2020; Fenner, 2013; Klös, 2020; Shtulman et al., 2016; Zabel & Gropengießer, 2011).

Emmons, Kristin und Kelemen (2017) sowie Kelemen, Emmons, Schillaci und Ganea (2014) führten ihre Intervention bei Kindergartenkindern und Schüler:innen der ersten und zweiten Klasse durch. Für die Untersuchung des Kernkonzepts *natürliche Selektion* wurden zwei verschiedene Storybooks verwendet. Hierin evolvierten fiktive Lebewesen, bei denen sich körperliche oder funktionelle Merkmale verändern. Insbesondere ältere Teilnehmer:innen zeigten ein tiefgründiges und anhaltendes Verständnis für die Evolutionstheorie und waren in der Lage, dieses Wissen auf verschiedene Situationen zu übertragen (Emmons et al., 2017). In der Studie von Shtulman et al. (2016) wurden zum Konzept *Angepasstheit* die evolutionsbiologischen Erklärungen und die alternativen Konzepte untersucht. Es zeigte sich, dass bei den 7- und 8-jährigen Kindern die wissenschaftlichen Erklärungen zur Angepasstheit zunahm und die Zahl der alternativen Konzepte signifikant abnahm. Die Interviewstudie von Klös (2020) umfasste neben der Angepasstheit die Humanevolution und die Abstammungslehre. Kinder

zwischen acht und elf Jahren wurden vor und nach der Intervention zu ihren evolutionsbiologischen Konzepten befragt. Die Schüler:innen entwickelten differenzierte und anschlussfähige Vorstellungen zu den Grundprinzipien der Evolution, der Variation, der Veränderlichkeit und zu stammesgeschichtlichen Beziehungen. In der Sekundarstufe I wurde die Konzeptentwicklung zur Selektionstheorie von Fenner (2013) sowie Zabel und Gropengießer (2011) untersucht. Fenner (2013) führte eine Interventionsstudie durch, die die Selektionstheorie anhand der Domestikation des Wolfs in den Unterricht einführt. In der Arbeit von Zabel und Gropengießer (2011) steht der Anpassungsprozess im Mittelpunkt. Mithilfe einer konzeptuellen Landkarte konnte gezeigt werden, dass Schüler:innen in einem graduellen Prozess ihre alternativen Vorstellungen hin zu normativ wissenschaftlichen Erklärungen weiterentwickeln (Zabel & Gropengießer, 2011).

Der kognitive Prozess ist abhängig von der individualisierten Verarbeitung und Konsolidierung von Informationen sowie der schrittweisen Entwicklung komplexer Denkweisen im Laufe mehrerer Bildungsstufen (Cardace, Wilson & Metz, 2021; Metz, Cardace, Berson, Ly & Wong, 2019; Opfer et al., 2012). Evolutionsbiologische Kernkonzepte dienen dazu, ähnlich wie die Basiskonzepte, hinter den vielfältigen naturwissenschaftlichen Phänomenen ein System erklärender und ordnender Denkmöglichkeiten zu erkennen (Freiman, 2001; Opfer et al., 2012). Das Herstellen solcher Zusammenhänge ermöglicht kumulatives Lernen (Freiman, 2001). In der Studie von Opfer et al. (2012) konnten Studierende Informationen umso besser strukturieren und abrufen, je mehr Kernkonzepte ihnen zur Verfügung standen, sodass sich die Kursnoten der Studienteilnehmer:innen verbesserten.

Die aktuelle Forschungslage deutet auf eine geringe Anzahl an Interventionen in der Primarstufe und der Sekundarstufe I hin. Weiterhin sind Kernkonzepte, wie die natürliche Selektion, derart komplex, dass deren Teilbereiche auf mehrere Schuljahre verteilt und somit anspruchsvolle Denkweisen sukzessive aufgebaut werden könnten (Cardace et al., 2021). Es fehlen Längsschnittstudien, die untersuchen, ob evolutionsbiologisches Vorwissen den Schulstufenübertritt erleichtert, indem Schüler:innen in der Lage sind, die Angepasstheit der Wirbeltiere an ihren Le-

bensraum (SMK, 2022) mit ihren vorhandenen Wissensstrukturen zu verknüpfen und das Phänomen wissenschaftlich adäquat erklären können.

3 Forschungsziele und Fragestellungen

Ausgehend von der Problemstellung und dem Forschungsstand ist das Ziel der Studie, den Zusammenhang zwischen normativen wissenschaftlichen Erklärungen zur Angepasstheit und der Veränderung von alternativen Vorstellungen über 3 Schuljahre zu untersuchen. Die Interventionen führen zunächst sukzessive die Kernkonzepte der Evolution ein, wie *innerartliche Vielfalt* und *differentielles Überleben* mit Aspekten der natürlichen Selektion. Abschließend werden in Klassenstufe 5 die vorangegangenen Konzepte sowie Teile der Vererbung und die Entwicklung über mehrere Generationen unterrichtet. Diese Kernkonzepte sollen die Schüler:innen am Ende des kumulativen Prozesses dazu nutzen, den Anpassungsprozess adäquat zu erklären. Dementsprechend ergeben sich die folgenden Forschungsfragen für die geplante Untersuchung:

1. Welche Zusammensetzungen der alternativen und wissenschaftlich normativen Vorstellungen existieren bei Schüler:innen der Klassenstufe 3 und inwiefern verändern sich die Vorstellungen über einen Zeitraum von 3 Jahren bezüglich der Konzepte *innerartliche Vielfalt*, *differentielles Überleben*, *Vererbung* und *Angepasstheit*?
2. Wie wirken sich Interventionen, in denen evolutionsbiologische Kernkonzepte mit den Inhalten des Lehrplans verknüpft werden, auf die Konzepte der Schüler:innen aus?
3. Inwiefern helfen die Schlüsselkonzepte *innerartliche Vielfalt*, *differentielles Überleben* und *Vererbung* dabei, den Prozess der *Angepasstheit* wissenschaftlich korrekt zu erklären?
4. Inwiefern sind Schüler:innen der Klassenstufe 5 dazu in der Lage, hinter den vielfältigen evolutionsbiologischen Phänomenen grundlegende Konzepte zu erkennen und wissenschaftlich normative Erklärungen abzugeben?

4 Methode

Zur Beantwortung der vorangestellten Forschungsfragen ist eine quasi-experimentelle Langzeitstudie geplant. In dieser quantitativ angelegten Studie werden Schüler:innen der Klassenstufe 3 über einen Zeitraum von 3 Jahren bis zur Klassenstufe 5 verfolgt. In jedem Schuljahr findet eine Intervention im Pre-Post-Follow-up-Design statt. Zuerst werden in der dritten Klasse im Rahmen des Themas „Gleich und doch verschieden – kannst du Unterschiede entdecken?“ die *innerartliche Vielfalt* ausgewählter Organismen in den verschiedenen Stockwerken der Wiese behandelt. Um eine Unzufriedenheit mit den bestehenden Konzepten hervorzurufen, sollen die Schüler:innen zu Beginn der Stunde zwei Heuschrecken Namen geben und erklären, woran sie die beiden unterscheiden können. Im Rahmen des Unterrichtsgesprächs werden die Kinder angeregt, ihr implizites Wissen zu explizieren und ihre Vorstellungen zu diesem Phänomen zu äußern (GDSU, 2013). Anschließend wird der allgemeine Aufbau einer Samenpflanze und eines Insekts beschrieben. In einer Stationsarbeit erkunden die Kinder Unterschiede bezüglich äußerer Merkmale bei sich selbst und den Individuen anderer Arten. Die Schüler:innen leiten eine allgemeine Gesetzmäßigkeit ab und definieren den Begriff *innerartliche Vielfalt*. Dieses unterrichtsmethodische Vorgehen soll die Bedingung der Verständlichkeit erfüllen. Die Schüler:innen sollten in der Lage sein, die Individuen der Heuschrecken zu unterscheiden. Durch einen *Concept Cartoon* am Ende des Projekttag werden Fehlvorstellungen reflektiert und essentialistische Aussagen korrigiert. In der vierten Klasse mit dem Thema „Weshalb sind nur wenige Frösche zu finden, obwohl der Froschlaich aus bis zu tausend Eiern besteht?“ liegt der Fokus der Intervention auf dem *differentiellen Überleben* und Aspekten der natürlichen Selektion. Die Präsentation der Interventionsfrage soll das kognitive Denken der Kinder anregen, ihre Konzepte zu dem Phänomen zu äußern und einen kognitiven Konflikt aufbauen. Es werden der äußere Körperbau eines Frosches und die *innerartliche Vielfalt* besprochen. Indem die Schüler:innen das erlernte Konzept der *innerartlichen Vielfalt* erneut anwenden, kommt die Fruchtbarkeit dieser normativen Idee zum Tragen. Im nächsten Lernabschnitt („Perfekt versteckt“) erhalten die Schüler:innen ein Suchbild und beschreiben das Phänomen der *Angepasstheit*. Die

Schüler:innen erkennen, dass die Frösche aufgrund des Farbmusters einen Überlebensvorteil haben. In einem Murnenspiel mit verschiedenfarbigen Murneln, Hintergründen und Farbbrillen wird die natürliche Selektion nachgestellt. Am Ende des Projektages werden verschiedene Kausalitäten reflektiert (Nehm, 2018). Beispielsweise wird reflektiert, ob Laubfrösche eine unauffällige Farbe entwickeln, wenn Raubtiere bevorzugt auffällige Laubfrösche fressen und hierdurch die Notwendigkeit entsteht, weniger auffällig zu sein (Nehm, 2018). Die bisherigen Inhalte bilden keine zeitliche Dimension der Entwicklungsprozesse ab. In Klassenstufe 5 zum Thema „Wie entstehen Arten?“ wird am Beispiel des fiktiven Lebewesens *Pangäachen* der Artbildungsprozess durch eine langfristige und räumliche Trennung simuliert (Graf & Schmidt-Salomon, 2017). Die verschiedenen Populationen entwickeln sich über viele Generationen auf verschiedenen Inseln in Abhängigkeit von Umweltbedingungen und Zufall auseinander (Graf & Schmidt-Salomon, 2017). Als

einleitendes Unterrichtsbeispiel dienen die Darwin-Finken. Die Kinder werden erneut gebeten, ihre Vorstellungen zu einem Alltagsphänomen zu äußern. In der Intervention werden die Konzepte innerartliche Vielfalt und natürliche Selektion wiederholt, sowie die Begriffe *Anpassung* und *Angepasstheit* voneinander abgegrenzt. Zusätzlich sollen die Schüler:innen zwischen den verschiedenen Beispielen Gemeinsamkeiten entdecken, sodass Mechanismen verallgemeinert werden. Abschließend werden die Schüler:innen gebeten, eigene Erklärungen zur Veränderung des Farbverhältnisses bei den Füchsen in Nordeuropa zu formulieren. Mithilfe der *Marktplatzmethode* tauschen die Schüler:innen untereinander ihre Erklärungen aus und korrigieren diese gegebenenfalls. Abschließend werden die Ergebnisse aus den Erklärungen zusammengefasst und die enthaltenen Vorstellungen reflektiert. Alle Interventionen werden von der gleichen Lehrperson durchgeführt, um die Bedingungen möglichst konstant zu halten.

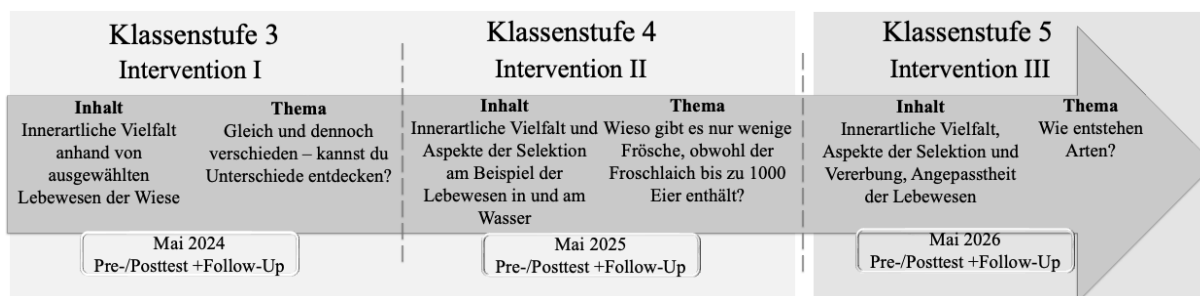


Abbildung 1. Studiendesign

4.1 Methoden der Datenerhebung

Das Treatment umfasst mehrere zufällig ausgewählte Klumpenstichproben, die vollständig erhoben werden (Döring & Bortz, 2016). Die Erhebung findet zunächst in mindestens zwölf Schulklassen aus 3 verschiedenen Grundschulen der Stadt Leipzig statt. Die Herausforderung der Studie liegt im Schulstufenübergang, da es keine Schulbezirke oder Einzugsbereiche bei den weiterführenden Schulen gibt. Schüler:innen können daher weiterführende Schulen an jedem beliebigen Ort in Sachsen besuchen. Der Statistik lässt sich entnehmen, dass 42 % der Schüler:innen das Gymnasium und 57 % die Oberschule besuchen werden (Statistisches Landesamt, 2018). Aufgrund der hohen Nachfrage nach Schulplätzen in Klassenstufe 5 an den Gymnasien

der Stadt Leipzig können nur ca. 60 % der Schüler:innen ihren Erstwunsch erfüllen. Somit wechseln circa 25 Schüler:innen der insgesamt 96 Schüler:innen der Klassenstufe 4 an die nächstgelegene weiterführende Schule. Daher ist eine ausreichende Anzahl von Experimentalklassen aus verschiedenen Grundschulen erforderlich, um die Validität des Projekts sicherzustellen. Des Weiteren werden aus dem näheren Umkreis der Grundschulen mindestens zwei Gymnasien und eine Oberschule ausgewählt. Hier werden jeweils alle Klassen der Klassenstufe 5 dem oben beschriebenen Prozess unterzogen. Noch zu lösen ist das Problem der Kontrollgruppe. Derzeit ist geplant, dass jene Schüler:innen, die zuvor nicht an den Grundschulen unterrichtet wurden, als Kontrollgruppe dienen. Grund hierfür ist der Lehrplan Sachunterricht (2019b), aus dem hervorgeht, dass weder

Evolutionenbiologie noch evolutionenbiologische Kernkonzepte verbindlicher Lerninhalt sind. Erst im sächsischen Lehrplan Biologie (2022) wird für Klassenstufe 5 Evolution als ein übergeordnetes Ziel aufgeführt. Um diese Sachlage zu überprüfen, könnten Grundschullehrer:innen anderer Grundschulen der Stadt Leipzig stichprobenartig befragt werden. Weiterhin muss vermieden werden, dass sich die Kinder der Interventions- und Kontrollgruppe in verschiedenen Aspekten systematisch unterscheiden. Hierzu könnten die Schulnoten der Hauptfächer sowie die soziale Herkunft herangezogen werden. Zur Erforschung evolutionenbiologischer Konzepte wurden in den vergangenen 25 Jahren eine Reihe von Interviewleitfäden und schriftlichen Testverfahren, wie das Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS, Anderson, Fisher & Norman, 2002), das Conceptual Assessment of Natural Selection (CANS, Kalinowski, Leonard, Taper & Nehm, 2016), der Test Knowledge About Evolution 2.0 (KAEVO 2.0, Kuschmierz, Beniermann & Graf, 2020) und der Test Assessing Contextual Reasoning about Natural Selection (ACORNS, Nehm & Reilly, 2007) konstruiert und angewendet (Mead, Kohn, Warwick & Schwartz, 2019). Diese messen überwiegend das Konzept der natürlichen Selektion. Verschiedene Instrumente verwenden Items in unterschiedlichen Antwortformaten, wie beispielsweise Multiple-Choice oder offenen Schreibformaten. Hierzu konstatieren Nehm und Reilly (2007), Nehm und Schonfeld (2008) sowie Opfer et al. (2012), dass offene Schreibformate besser geeignet sind, um die Denkfiguren der Schüler:innen zu erheben. In der vorliegenden Studie wird für die Datenerhebung ein Instrument benötigt, das für die Langzeituntersuchung geeignet ist. Zuerst muss die Komplexität und die Anzahl der Items beachtet werden, damit Schüler:innen bei der Beantwortung, auch über die verschiedenen Klassenstufen hinweg, motiviert bleiben (Bühner, 2021). Die Verwendung eines Multiple-Choice-Fragebogens ermöglicht die Befragung einer breiten Stichprobe von Schüler:innen. Eine umfangreiche Stichprobe ist erforderlich, um

mögliche Abgänge von Teilnehmer:innen nach dem Schulstufenübertritt zu berücksichtigen. Weiterhin erleichtern Multiple-Choice-Items jüngeren Schüler:innen, die sich noch im Sprach- und Schriffterwerb befinden, die Beantwortung. Multiple-Choice-Items sind geeignet, weil sie eine intersubjektiv eindeutige Auswertung ermöglichen (Döring & Bortz, 2016). Das Multiple-Choice-Format wird durch eine dichotome Antwortskala mit dem Gegensatzpaar *richtig* und *falsch* ergänzt. Die Schüler:innen können bei allen Antwortmöglichkeiten entscheiden, ob sie dieser zustimmen oder sie ablehnen. Somit kann die Koexistenz verschiedener Denkfiguren gemessen werden (Duit, 1997; Opfer et al., 2012). Die Antwortmöglichkeiten lassen sich in folgende Kategorien einteilen: teleologisch (Lebewesen), anthropomorph, lamarckistisch, essentialistisch und wissenschaftlich adäquat. Insgesamt besteht der Fragebogen aus dem Teil A: Innerartliche Vielfalt, dem Teil B: Natürliche Selektion, dem Teil C: Vererbung und Teil D: Angepasstheit. Für die Teile A bis C wird mithilfe eines Übungsbeispiels in das dichotome Antwortformat eingeleitet. Der Teil D wird ebenfalls mit einem Beispiel eingeleitet, um die 5-stufige Likert-Skala zu erläutern. Die Schüler:innen bewerten ihre Zustimmung zu verschiedenen Kinderaussagen mit *trifft völlig zu* bis *trifft gar nicht zu*. Die Likert-Skala bietet im Bereich der Konzeptentwicklung eine gute Möglichkeit, den graduellen Prozess abzubilden. Der konstruierte Fragebogen wird einem Fragebogen-Pretest unterzogen und bei Bedarf überarbeitet. Möglicherweise müssen Fragebogeninstruktionen oder einzelne Aussagen zur sprachlichen Verständlichkeit angepasst werden (Döring & Bortz, 2016). Der Follow-up-Test unterscheidet sich vom Pre- und Posttest durch den Austausch maximal einer Itematterie. Ansonsten sind die Testinstrumente zu allen Messzeitpunkten gleich. Dies birgt die Gefahr eines Testeffekts, erhöht jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten. Im Folgenden werden Items verschiedener Konstrukte aufgelistet.

Tabelle 1

Innerartliche Vielfalt (Anderson et al., 2002)

Item	A1	Auf einer Wiese wachsen dicht nebeneinander Klatschmohnblumen. Mit welcher der untenstehenden Aussagen würden Wissenschaftlerinnen diese Klatschmohnblumen beschreiben?
	A1.1	Alle Blüten der Klatschmohnblume sind einzigartig und haben keine gemeinsamen Merkmale mit den anderen Blüten.
	A1.2	Alle Klatschmohnblumen verfügen über die wesentlichen Eigenschaften der Art, aber es gibt Unterschiede bei Merkmalen wie Größe und Farbe.
	A1.3	Alle Klatschmohnblumen haben die gleichen Eigenschaften und sehen gleich aus.
	A1.4	Die Klatschmohnblumen sind vom inneren Bau her identisch, haben aber viele Unterschiede im Erscheinungsbild.

Tabelle 2

Natürliche Selektion (Fischer, 2014)

Item	B1	Eidechsen benötigen sonnige Lebensräume, weil ihre Körpertemperatur davon abhängt. Sie können sich nicht bewegen, wenn sie zu kalt werden. Was könnte passieren, wenn für eine bestimmte Eidechsengruppe die Sonnenplätze immer weniger werden?
	B1.1	Wenn die Sonnenplätze weniger werden, treten bei manchen Eidechsen körperliche Veränderungen auf.
	B1.2	Alle Eidechsen, die keine warmen bzw. sonnigen Plätze finden, werden nicht überleben.
	B1.3	Die Eidechsen teilen sich die sonnigen Plätze oder wechseln sich ab.
	B1.4	Einzelne Eidechsen, können sich auch noch bei niedrigeren Umgebungstemperaturen bewegen. Diese Eidechsen haben einen Überlebensvorteil.

Tabelle 3

Vererbung (Fischer, 2014)

Item	C1	In einer Herde von Wildpferden gibt es eine Stute, die ihr Ohr durch einen Unfall verloren hat. Welche Auswirkung hat das fehlende Ohr auf die Nachkommen dieser Stute?
	C1.1	Die Fohlen dieser Stute haben im Durchschnitt etwas kleine Ohren.
	C1.2	Die Fohlen dieser Stute haben normale Ohren, mit denen sie aber nicht mehr gut hören können.
	C1.3	Die Fohlen dieser Stute haben keine Ohren mehr.
	C1.4	Das fehlende Ohr beim Muttertier hat keine Auswirkung auf die Nachkommen.

Tabelle 4

Angepasstheit (Kuschmierz et al., 2020)

Item	D1	Geparde können bis zu 104 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Damit sind sie viel schneller als ihre Vorfahren. Wie hat sich die schnellere Laufgeschwindigkeit entwickelt?
	D1.1	Noah sagt, dass im Laufe der Zeit sich zufällig bei einigen Geparden die Geschwindigkeit erhöhte. Die Geparde konnten mehr Beute jagen. Diese Veränderung wurde an die Nachkommen vererbt.
	D1.2	Elisa sagt, dass die Geparde trainierten, um schneller zu werden. Diese erworbenen Fähigkeiten wurden dann an die Nachkommen weitergegeben.
	D1.3	Lian sagt, dass einige Vorfahren der Geparde merkten, dass sie nicht genug Beute fangen konnten. Daher erhöhten sie ihre Geschwindigkeit.
	D1.4	Toni sagt, dass die Geparde eine höhere Geschwindigkeit benötigten, um mehr Beute jagen zu können. Deshalb erhöhte sich ihre Geschwindigkeit.

4.2 Methoden der Datenanalyse

Die Auswertung der Daten erfolgt mit dem Statistikprogramm R-Studio. Nach der Datenerfassung wird der Datensatz bereinigt, indem Schüler:innen mit fehlenden Tests oder weniger als 10 % beantworteten Items entfernt werden. Zunächst wird die dichotome Antwortskala mit 0 und 1 und die Ratingskala mit 1 bis 5 codiert. Die Reliabilität der Skalen wird durch Cronbachs Alpha ermittelt (Döring & Bortz, 2016). Bei der zweiten Kodierung ergeben sich die Gruppen *Alternativ*, *Koexistenz* und *Wissenschaftlich*. Hierzu wird pro Schüler:in bewertet, ob nur alternative Konzepte mit *Richtig*, sowohl alternative als auch wissenschaftlich adäquate Konzepte oder nur wissenschaftlich korrekte Aussagen mit *Richtig* angekreuzt wurden. Für Gruppenvergleiche der Subgruppen werden parametrische Tests (*t*-Tests für unabhängige und gepaarte Stichproben, ANOVA) und ggf. nicht parametrische Tests (z. B. Mann-Whitney-U-Test) durchgeführt. Weiterhin sollen aus den Konzepten Profile erstellt und die Veränderungen in den einzelnen Profilen untersucht werden. Hierzu werden von jedem Kind zu jedem Messzeitpunkt die Zustimmungen zu den verschiedenen Konzepten ermittelt. Kinder mit ähnlichen Konzeptzustimmungen werden einem Profil zugeordnet. Anschließend wird eine Pfadanalyse durchgeführt. Im Anschluss daran werden die konzeptuellen Entwicklungen mittels *latenter Transitionsanalysen* (LTA) untersucht (Zyberaj, Bakac & Seibel, 2022). Damit können Unterschiede zwischen den einzelnen Schüler:innen besser identifiziert und Übergänge zwischen verschiedenen Profilen untersucht werden (Edelsbrunner, Schalk, Schumacher & Stern, 2018). Somit sollen die Konzeptentwicklungen bzw. Umstrukturierungen der Konzepte sichtbar gemacht werden. Weiterhin können Übergangswahrscheinlichkeiten und mögliche Einflussfaktoren auf die Konzeptentwicklung, beispielsweise Interesse, Alter und Geschlecht, analysiert werden (Zyberaj et al., 2022).

5 Ausblick

Zur Überprüfung des Messinstruments und zur Erprobung verschiedener Unterrichtsinterventionen wurde eine Vorstudie im Querschnitt in den Klassenstufen 3 bis 5 durchgeführt. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Konzepte parallel existieren und sich in Abhängigkeit von der Klassenstufe unterscheiden. Spannend bleibt die Frage, inwieweit sich die Konzepte über den Zeitraum der neun Messzeitpunkte verändern werden. Die Herausforderung dieses Projekts besteht im Übergang zwischen verschiedenen Bildungsstufen, insbesondere in Bezug auf die Reduzierung der Teilnehmer:innenzahl. Eine positive Korrelation zwischen normativ wissenschaftlichen Erklärungen zum Phänomen der Anpasstheit und der Weiterentwicklung alternativer Vorstellungen könnte die Integration evolutionsbiologischer Konzepte in den Sachunterricht unterstützen.

Literatur

- Aleknavičiūtė, V., Lehtinen, E. & Södervik, I. (2023). Thirty years of conceptual change research in biology – A review and meta-analysis of intervention studies. In *Educational Research Review* (Bd. 41, S. 1–25). <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100556>
- 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://doi.org/10.1002/tea.10053>
- Baalmann, W., Ferichs, 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.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bruckermann, T., Fiedler, D. & Harms, U. (2021). Identifying precursory concepts in evolution during early childhood—a systematic literature review. In *Studies in Science Education* (Bd. 57, Nr.1, S. 85–127).
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4., korrigierte und erweiterte Aufl.). München: Pearson.
- Cardace, A., Wilson, M. & Metz, K. E. (2021). Designing a Learning Progression about Micro-Evolution to Inform Instruction and Assessment in Elementary Science. *Education Sciences*, 11(10), 609. <https://doi.org/10.3390/educsci11100609>
- Dreesmann, D. C., Graf, D. & Witte, K. (2012). *Evolutionsbiologie: Moderne Themen für den Unterricht*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht in der Primarstufe. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt* (Bd. 1, S. 233–246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. DOI: 10.25656/01:12957
- Edelsbrunner, P. A., Schalk, L., Schumacher, R. & Stern, E. (2018). Variable control and conceptual change: A large-scale quantitative study in elementary school. *Learning and Individual Differences*, 66, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.02.003>
- Emmons, N. A. & Kelemen, D. A. (2015). Young children’s acceptance of within-species variation: Implications for essentialism and teaching evolution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.05.011>
- Emmons, N., Lees, K. & Kelemen, D. (2017). Young children’s near and far transfer of the basic theory of natural selection: An analogical storybook intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(3), 321–347. <https://doi.org/10.1002/tea.21421>
- Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie: Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion*. Gießen: Universitätsbibliothek.
- Fischer, S. K. (2015). *Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung und Vererbung*. Gießen: Universitätsbibliothek.
- Freiman, T. (2001). Kumulatives Lernen im Biologieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften. Biologie in der Schule*, 50(7), 1–2.
- GDSU, (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (2013). (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe.). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Graf, D. & Schmidt-Salomon, M. (Hrsg.). (2017). *Evokids - Evolution in der Grundschule* (2. Aufl.). Giordano-Bruno-Stiftung/ Evokids-Projektgruppe. Verfügbar unter: www.evokids.de
- 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). Springer-Verlag GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_4

- Großschedl, J., Seredszus, F. & Harms, U. (2018). Angehende Biologielehrkräfte: Evolutionsbezogenes Wissen und Akzeptanz der Evolutionstheorie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 51–70. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0072-0>
- 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), ar64, 1–11. <https://doi.org/10.1187/cbe.15-06-0134>
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2007). Students’ Preconceptions About Evolution: How Accurate is the Characterization as “Lamarckian” when Considering the History of Evolutionary Thought? *Science & Education*, 16(3–5), 393–422. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9019-9>
- Kattmann, U. (2022). *Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hannover: Aulis.
- Kelemen, D., Emmons, N. A., Seston Schillaci, R. & Ganea, P. A. (2014). Young Children Can Be Taught Basic Natural Selection Using a Picture-Storybook Intervention. *Psychological Science*, 25(4), 893–902. <https://doi.org/10.1177/0956797613516009>
- Klös, T. (2020). *Qualitative Erhebungen von Schülervorstellungen von Grundschulkindern zur Evolution sowie die Konzeption und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Humanevolution im Rahmen des Evokids-Projekts*. Gießen: Universitätsbibliothek.
- Krüger, D. (2007). Conceptual Change versus Conceptual Reconstruction. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (1. Aufl., S. 81–92). Springer Verlag.
- Kuschmierz, P., Beniermann, A. & Graf, D. (2020). Development and evaluation of the knowledge about evolution 2.0 instrument (KAEVO 2.0). *International Journal of Science Education*, 42(15), 2601–2629. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1822561>
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.): *Lehrplan Gymnasium Biologie*. Sachsen: Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2022.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.): *Lehrplan Oberschule Biologie*. Sachsen: Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2019a.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.): *Lehrplan Grundschule Sachunterricht*. Sachsen: Sächsisches Staatsministerium für Kultus, 2019b.
- Mead, L. S., Kohn, C., Warwick, A. & Schwartz, K. (2019). Applying measurement standards to evolution education assessment instruments. *Evolution: Education and Outreach*, 12(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0097-y>
- Metz, K. E., Cardace, A., Berson, E., Ly, U., Wong, N., Sisk-Hilton, S., Metz, S. E. & Wilson, M. (2019). Primary Grade Children’s Capacity to Understand Microevolution: The Power of Leveraging Their Fruitful Intuitions and Engagement in Scientific Practices. *Journal of the Learning Sciences*, 28(4–5), 556–615. <https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1667806>
- Möller, K. (1997). Untersuchungen zum Aufbau bereichsspezifischen Wissens in Lehr-Lernprozessen des Sachunterrichts. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (Bd. 1, S. 247–262). Bad Heilbrunn : Klinkhardt. DOI: 10.25656/01:12957
- Nehm, R. H. (2018). Evolution. In K. Kampourakis & M. J. Reiss (Hrsg.), *Teaching Biology in Schools* (1. Aufl., S. 164–177). <https://doi.org/10.4324/9781315110158-14>
- Nehm, R. H. & Reilly, L. (2007). Biology Majors’ Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience*, 57(3), 263–272. <https://doi.org/10.1641/B570311>
- Nehm, R. H. & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1131–1160. <https://doi.org/10.1002/tea.20251>
- 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. <https://doi.org/10.1002/tea.21028>

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
<https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *BzL - Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27(3), 404–414. doi:10.36950/bzl.27.3.2009.9826
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (1. Aufl., S. 68–80). Springer Verlag.
- Shtulman, A., Neal, C. & Lindquist, G. (2016). Children’s Ability to Learn Evolutionary Explanations for Biological Adaptation. *Early Education and Development*, 27(8), 1222–1236.
<https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1154418>
- Siani, M. & Yarden, A. (2022). “I Think that Teachers Do Not Teach Evolution Because It Is Complicated”: Difficulties in Teaching and Learning Evolution in Israel. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(3), 481–501. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10179-w>
- Statistisches Landesamt. (2018). *Statistisch betrachtet. Schulen in Sachsen* (Sachsen Freistaat, Hrsg.). Verfügbar unter: https://www.statistik.sachsen.de/download/statistisch-betrachtet/broschur_statistik-sachsen_statistisch-betrachtet_bildung.pdf
- Zabel, J. & Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: Climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Education*, 45(3), 143–149.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2011.586714>
- Zyberaj, J., Bakaç, C. & Seibel, S. (2022). Latent transition analysis in organizational psychology: A simplified “how to” guide by using an applied example. *Front. Psychol.* 13:977378.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.977378>

Kontakt

Anne-Kathrin Heinemann
Universität Leipzig
AG Biologiedidaktik
Johannisallee 21-23
04103 Leipzig
E-Mail: anne-kathrin.heinemann@uni-leipzig.de

Zitationshinweis:

Heinemann, A. K., Zabel, J., Lange-Schubert, K. (2024). Entwicklung evolutionsbiologischer Konzepte – eine Längsschnittstudie am Übergang von Primar- zu Sekundarstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) – Biologie Lehren und Lernen*, 28, 15-27. doi: 10.11576/zdb-6582

Veröffentlicht: 24.05.2024



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ Namensnennung 4.0 International zugänglich (CC BY 4.0 de). Diese Lizenz gilt nur für das Originalmaterial. Alle gekennzeichneten Fremdinhalte (z.B. Abbildungen, Fotos, Tabellen, Zitate etc.) sind von der CC-Lizenz ausgenommen. Für deren Wiederverwendung ist es ggf. erforderlich, weitere Nutzungsgenehmigungen beim jeweiligen Rechteinhaber einzuholen. URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>