



KIRCHLICHE
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE
WIEN/KREMS



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Veränderung der Schüler*innenvorstellungen zur Evolutionstheorie im Verlauf der Sekundarstufe 1 und 2“

verfasst von / submitted by

Magdalena Lindner BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Education (MEd)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 199 502 529 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB)
UF Biologie und Umweltbildung
UF Spanisch

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Martin Scheuch

Danksagung

Im Laufe der Verfassung meiner Masterarbeit wurde ich von einigen Menschen sowohl auf fachlicher als auch auf mentaler Ebene unterstützt. Aus diesem Grund möchte ich im Folgenden meinen Dank aussprechen.

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Mitbetreuer HS-Prof. Mag. Dr. Martin Scheuch für die professionelle und freundliche Unterstützung und die investierte Zeit in das konstruktive Feedback bedanken. Außerdem habe ich mich sehr über den Themenvorschlag für diese Masterarbeit gefreut. Weiters danke ich meinem Betreuer Prof. Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn für die schnellen Rückmeldungen auf meine gestellten Fragen.

Ohne Frau Randl-Gadora Ulrike hätte ich vermutlich meine Masterarbeit nicht der Fachdidaktik gewidmet. Ich bedanke mich für die Zusammenarbeit und die Bereitstellung ihrer Schüler*innen für die quantitative Befragung im Rahmen dieser Masterarbeit.

Weiters bin ich dem Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Freistadt, für die Ermöglichung der Durchführung der Pilotphase dankbar, jener Schule, die ich acht Jahre lang besucht habe. Besonders hervorheben möchte ich diesbezüglich Mag. Jakob Moser, der zwei Klassen für die erste Befragung zur Verfügung gestellt hat.

Ebenfalls möchte ich den korrekturlesenden Personen herzlich für die investierte Zeit und die hilfreichen Anmerkungen danken.

Ein riesiges Dankeschön gilt auch meiner Familie, meinen Freunden und meinem Partner, die stets hinter mir standen und mir in der Achterbahnfahrt meiner Gefühle mentalen Beistand geleistet haben.

Wien, am 22.03.2023

- *Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.* -

Dobzhansky Theodosius, 1973

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	7
2. Lehrplanbezug.....	9
3. Theoretischer Hintergrund.....	11
3.1. Definition zentraler Begriffe	11
3.2. Geschichte der Evolutionstheorie	15
3.3. Entwicklung von Alltagsvorstellungen	18
3.4. Alltagsvorstellungen verändern – Conceptual Change	19
3.4.1. Eigenschaften der Präkonzepte	20
3.4.2. Erhebung von Schüler*innenvorstellungen	21
3.4.3. Conceptual Change Theorie	23
3.4.4. Affektive Faktoren	28
3.4.5. Kritikpunkte	30
3.4.6. Empfehlungen an das Lehrpersonal	30
3.4.7. Zukunftsperspektiven	35
4. Alltagsvorstellungen von Schüler*innen zur Evolutionstheorie	37
4.1. Theistische/Kreationistische Denkweise	38
4.2. Finalismus/Teleologische Denkweise	42
4.3. Lamarckistische Denkweise	44
4.4. Anthropomorphe Denkweise	47
4.5. Evolutionstheorie nach Charles Darwin	48
5. Forschungsfragen und Hypothesen	50
6. Material und Methoden	52
6.1. Untersuchungsdesign	53
6.2. Zusammenstellung des Fragebogens	57
6.3. Pilotphase	64

7.	Ergebnisse	67
7.1.	Faktorenanalyse.....	68
7.2.	Soziodemografie und Religiosität.....	70
7.3.	Kreationistische Denkweise	73
7.4.	Finalistische Denkweise.....	74
7.5.	Lamarckistische Denkweise.....	77
7.6.	Anthropomorphe Denkweise.....	78
7.7.	Wissenschaftlich korrekte Vorstellung (Darwin)	79
7.8.	Zusammenfassung der Ergebnisse aller Items	84
7.9.	Korrelationen.....	87
8.	Diskussion	92
8.1.	Gründe für die Häufigkeit alternativer Vorstellungen und mögliche Gegenmaßnahmen	92
8.2.	Zusammenhänge der Religion mit dem Kreationismus.....	96
8.3.	Gründe für inkonsistentes Antwortverhalten	99
8.4.	Gründe für das häufige Vorkommen des finalistischen Präkonzeptes	101
8.5.	Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien	102
8.6.	Methodenkritik.....	105
9.	Fazit und Ausblick	106
	Abbildungsverzeichnis	109
	Tabellenverzeichnis	110
	Literaturverzeichnis	112
10.	Abstract.....	123
11.	Anhang	124
11.1.	Erhebung der Vorstellungen zur Evolution	124
11.2.	Fragebogen	127
11.3.	Variablenübersicht.....	134

11.4. Ergebnisse	138
11.5. Korrelationen	143

1. Einleitung

Aus Perspektive der Wissenschaft ist die Evolutionstheorie eine vereinigende Theorie sämtlicher biologischer Teilgebiete und stellt somit einen unerlässlichen Grundstein in der modernen Biologie dar (Konnemann et al., 2012). Im Allgemeinen bietet die Evolutionstheorie Erklärungen für die vorhandene Diversität und die Prozesse, die in der Natur ablaufen. Nahezu alle biologischen Phänomene können damit erklärt werden. Aus diesem Grund ist sie eine der wichtigsten Theorien in der naturwissenschaftlichen Disziplin Biologie und sollte folglich die Grundlage eines jeden Biologieunterrichts sein (Scheuch et al., 2021).

Nur durch den Einbezug evolutionären Wissens kann die Relevanz neuer Erkenntnisse in der Medizin und in der Klimawandelforschung nachvollziehbar gemacht werden (Kuschmierz et al., 2020, S. 2). Ferner hilft uns das evolutionäre Verständnis fundierte gesellschaftliche Entscheidungen zu treffen, beispielsweise im Hinblick auf den immer weiter fortschreitenden Klimawandel, ein im Augenblick gesellschaftlich relevantes und immer präsenteres Thema (Sica, 2023).

Untersuchungen diverser Studien (Alanazi, 2021; Baalmann et al., 2004; Beniermann, 2019; Eder et al., 2011; Hagman et al., 2003; Johannsen & Krüger, 2005; Wescott & Cunningham, 2005), durchgeführt in verschiedenen Ländern, zeigen, dass die Alltagsvorstellungen zur Evolutionstheorie zumeist nicht mit den fachwissenschaftlich begründeten übereinstimmen und bis ins Erwachsenenalter fortbestehen können. Beispielsweise wird häufig von der Notwendigkeit einer Veränderung von Organismen ausgegangen, anstatt die zufällige Mutation und die natürliche Selektion für diesen Prozess verantwortlich zu machen (Hagman et al., 2003). Der Grund für die Existenz verschiedener Präkonzepte lässt sich auf die Individualität der Menschen und ihrer Lernprozesse zurückführen, die von ihren eigenen Erfahrungen geprägt sind (Duit & Treagust, 2003; Hopf et al., 2022, S. 34).

Ein wesentliches Anliegen dieser Arbeit ist es, die Schüler*innenvorstellungen der Sekundarstufe 1 und 2 zu erheben und zu vergleichen. Daraus sollen Rückschlüsse auf die Entwicklung der Präkonzepte im Laufe der Schullaufbahn und die Lehre der Evolution gezogen werden. Die Ergebnisse sollen außerdem die evolutionäre

Vorstellungsforschung in Österreich erweitern. Anhand derer können geeignete Unterrichtsmethoden entwickelt und eingesetzt werden, welche grundlegende Verständnisprobleme vermindern und einen Konzeptwechsel hervorrufen können. Aufgrund der fehlenden Studien in Österreich und im Allgemeinen einer Verwendung unterschiedlicher Messinstrumente, gibt es nur wenige Daten, die zum Vergleich herangezogen werden können. Dem Ideal entsprechend sollte sich die Verteilung der Alltagsvorstellungen in den Klassen mit zunehmender Schulbildung immer weiter in Richtung wissenschaftlich begründeten Vorstellungen entwickeln (Beniermann, 2019, 402). Außerdem sollten die Veränderungen der Präkonzepte¹ mit dem österreichischen Curriculum² korrelieren.

Aktuell gibt es in Europa nur wenige Publikationen über die Schüler*innenvorstellungen zur Evolution. Diese beschränken sich vor allem auf Kurzzeit- oder Langzeitstudien. Aus diesem Grund und aus eigenem Interesse wurde der Entschluss gefasst, im Rahmen einer Quasi-Längsschnittstudie Präkonzepte der Sekundarstufe 1 und 2 in Bezug auf ihre Existenz und Häufigkeit in den verschiedenen Schulstufen zu untersuchen. Außerdem wurde keine Studie gefunden, die auch die Alltagskonzepte aller Schulstufen der Sekundarstufe 1 erhoben hat.

Die Arbeit gliedert sich wie folgt: Zunächst wird der theoretische Hintergrund beleuchtet, der als Einleitung in das Themengebiet dient. Im Zuge dessen wird genauer auf die Entwicklung und die Eigenschaften der Alltagsvorstellungen eingegangen sowie das Modell des *Conceptual Change* näher erklärt. Auf die Darstellung der verschiedenen Denkfiguren zur Evolutionstheorie folgt die Präsentation der Forschungsfragen und Hypothesen, die mithilfe eines Fragebogens beantwortet werden. Anschließend wird das methodische Vorgehen der Fragebogenkonstruktion genauer erklärt. Daraufhin werden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt, analysiert und diskutiert. Am Ende der Arbeit werden die Knergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick in die Zukunft gegeben.

¹ Präkonzept: vorunterrichtliche Vorstellung bzw. Schüler*innenvorstellung (Kattmann, 2016, S. 13).

² Curriculum: *Lehrplan* (Fussy & Steiner, 2009, S. 140)

2. Lehrplanbezug

Die Evolution liefert essenzielle Antworten auf weltanschauliche Aspekte. Sie wird aber von einem Großteil der Bevölkerung abgelehnt und findet wenig Berücksichtigung im österreichischen Curriculum. Themengebiete der biologischen Evolution kommen im Curriculum der Sekundarstufe in den verschiedenen Schulstufen nur vereinzelt vor. Die Evolutionstheorien werden explizit nur in der zwölften Schulstufe erwähnt, während die Entwicklungsgeschichte der Erde, der Lebewesen einschließlich des Menschen bereits in der siebten Schulstufe gelehrt werden soll. Die Rolle der Evolution für die biologische Vielfalt findet sich als aller letzter Punkt im Curriculum des zweiten Semesters der zwölften Schulstufe. Somit ist sie eines der letzten Themengebiete vor der Reifeprüfung (RIS, 2023). Ein Grund für diese Position im Curriculum ist womöglich die Tatsache, dass der Evolution wenig Bedeutung beigemessen wird und sie deshalb erst so spät in der Schullaufbahn gelehrt werden soll. Doch zu diesem Zeitpunkt fehlt den Lehrkräften zumeist die Zeit, dieses letzte Kapitel noch zu unterrichten (Kuschmierz et al., 2022, S. 2). Häufig gestellte Fragen von Schüler*innen, wie beispielsweise, „Warum ist dieses Merkmal vorteilhaft?“, „Woher kommen wir Menschen“ oder, „Wie hat sich das entwickelt“, können aber nur anhand evolutionärer Prozesse erklärt werden (National Academy of Science, 1998, S. 1). Diese Fragen werden in allen Schulstufen gestellt, weshalb das Konzept der biologischen Evolution ein ständiger Begleiter des Biologieunterrichtes sein sollte. Kritisch angesehen werden kann, dass bis zur neunten Schulstufe, dem letzten verpflichtenden Schuljahr, die Evolutionstheorie nur unvollständig gelehrt wird und infolgedessen kaum Verknüpfungen hergestellt werden können. Bis zu diesem Zeitpunkt werden nur wenige Konzepte der Evolution im Unterricht vermittelt, wodurch kein vollständiges Bild und keine feste wissenschaftliche Vorstellung entwickelt werden können (Rachbauer, 2018, S. 92).

In den letzten Jahren wurden sieben Basiskonzepte für den Biologieunterricht der Oberstufe erarbeitet, die dazu dienen können, einen roten Faden durch das Curriculum zu ziehen. Sie sollen Schüler*innen bei der Zuordnung der verschiedenen biologischen Disziplinen unterstützen und dabei helfen, gelernte Inhalte zu ordnen. Grundsätzlich kann jeder Inhalt – je nach Perspektive – allen Basiskonzepten zugeteilt werden. Die Evolution betreffen zwei der sieben Konzepte. Zum einen

„Variabilität³, Verwandtschaft, Geschichte und Evolution“. Dazu werden grundlegende Prozesse wie Selektion⁴, Mutation⁵ und Anpassung gezählt. Zum anderen stellt die „Reproduktion“ den Ursprung der Vielfalt dar und führt zu Anpassungsprozessen an die sich ständig verändernden Umweltbedingungen (RIS, 2023). Scheuch et al. (2017) erwähnen in diesem Kontext die wichtige Rolle der Lehrperson, verantwortungsbewusst die Evolutionstheorie in jeder Schulstufe aufzugreifen, auch wenn dies nicht im Curriculum vorgesehen ist. Denn nur auf diese Weise kann den Verständnisschwierigkeiten der Schüler*innen entgegengearbeitet werden.

Als Leitlinie für den Biologieunterricht dienen folgende drei Kompetenzbereiche:

- Aneignen von Fachwissen
- selbstständiger Erkenntnisgewinn mittels Beobachtung und Experiment
- Anwendung des Wissens und der Erkenntnisse, im gesellschaftlichen Diskurs Standpunkte begründen und im Alltag reflektiert handeln.

Diesen drei Kategorien werden jeweils fünf Unterkategorien zugeteilt, von welchen einige mit der Evolution in Verbindung stehen (RIS, 2023). Aus diesem Grund stellt sich die Frage, warum die Evolution im österreichischen Curriculum nicht in allen Schulstufen aufgegriffen wird. Die bereits präsentierten Argumente bieten wesentliche Gründe für die Einbeziehung evolutionärer Inhalte in allen Schulstufen der Sekundarstufe. Ob aus den Ergebnissen, die im Rahmen dieser Masterarbeit erhoben wurden, Zusammenhänge zwischen den vorhandenen Alltagskonzepten und dem österreichischen Curriculum zu erkennen sind, wird im Kapitel „Diskussion“ wieder aufgegriffen.

³ Variabilität: Veränderlichkeit, Veränderbarkeit (Fussy & Steiner, 2009, S. 705)

⁴ Selektion: natürliche Auslese (Fussy & Steiner, 2009, S. 589)

⁵ Mutation: zufällige Veränderung des genetischen Materials (Graw, 2020, S. 17)

3. Theoretischer Hintergrund

Zunächst werden einige Begriffe erklärt, um ihre Verwendung in dieser Arbeit zu legitimieren und eine theoretische Grundlage für die nachfolgenden Kapitel dieser Arbeit zu schaffen. Zu diesen zentralen Begriffen gehören: Vorstellungen, *conceptual change*, *conceptual conflict*, *cognitiv conflict*, Evolution und Evolutionstheorie.

3.1. Definition zentraler Begriffe

Da sich die vorliegende Arbeit mit den Vorstellungen der Schüler*innen zum Thema der Evolution auseinandersetzt, wird zuerst der Begriff Vorstellung genauer definiert. Es handelt sich dabei um eine „subjektiv gedankliche Konstruktion“ (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 51). Dieses Konstrukt kann sich entweder nur auf einen Terminus beschränken oder mehrere in Verbindung setzen, wodurch ein Konzept oder eine Denkfigur gebildet wird. Vorstellungen unterscheiden sich demnach in ihrer Komplexität (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 51f). Die Erkenntnis über die Existenz verschiedener Konzepte hatte bereits Jean Piaget. Im Jahre 1929 publizierte er dieses Wissen in seinem Werk „*The Child's Conception of the World*“ (Piaget, 1929).

Folgende Begriffe werden in der Literatur herangezogen, um individuelle Vorstellungen zu benennen: „*Schülervorstellungen*, *lebensweltliche Vorstellungen*, *subjektive oder persönliche Theorien*, *Alltagsfantasien*, *Alltagsmythen*, *vorunterrichtliche Vorstellungen*, *Vorkenntnisse*, *Vorwissen*, *alternative Vorstellungen*, *Fehlvorstellungen*“ (Kattmann, 2016, S. 13). Des Weiteren liest man auch häufig den Ausdruck Präkonzept (Hopf et al., 2022, S. 34). Jeder Einzelne dieser Termini hat den Anspruch, verwendet zu werden, wenn er definiert und begründet wird (Kattmann, 2016, S. 13). Da die Vorstellungen der Schüler*innen zumeist nicht mit den fachwissenschaftlich begründeten übereinstimmen, ist häufig von Fehlvorstellungen die Rede (Hewson & Hewson, 1984). Dieser Begriff wird im didaktischen⁶ Zusammenhang kontrovers diskutiert, da sich diese Vorstellungen in manchen alltäglichen Situationen als hilfreich erweisen und folglich nicht nur als negativ angesehen werden können. Aus diesem Grund und um eine normative

⁶ Didaktik: *Wissenschaft vom Lehren und Lernen* (Fussy & Steiner, 2009, S. 155)

Wertung zu umgehen, wird in der vorliegenden Arbeit der Gebrauch folgender vier Begriffe bevorzugt: Alltagsvorstellungen, Alltagskonzepte, Schüler*innenvorstellungen und Präkonzepte.

Im Kontext der Evolution und im Allgemeinen der Lernprozesse, bezieht sich die Literatur immer wieder auf den Begriff *conceptual change*, der aus dem angloamerikanischen Raum kommt (Möller, 2015, S. 244; Demastes et al., 1995, S. 638). Wenn man die Bedeutung der einzelnen Wörter genauer betrachtet, dann steht *conceptual* für ein Konzept oder eine Vorstellung und *change* für eine Veränderung. Zumal es sich nicht um einen Konzeptwechsel, sondern vielmehr um eine Veränderung oder Weiterentwicklung von Vorstellungen handelt, werden die Bezeichnungen von Möller, „konzeptuelle Entwicklung“ oder „Konzeptveränderung“ in dieser Arbeit bevorzugt. Der Begriff *conceptual change* wurde bereits in den 1980-er und 1990-er Jahren in Anbetracht erfolgloser Vorstellungsveränderungen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt (Möller, 2015, S. 244). Seit diesem Zeitpunkt an verfolgte die Wissenschaft das Ziel, naturwissenschaftliches Lehren und Lernen zu verbessern. Aufgrund der Existenz verschiedener Definitionen des *conceptual change*, die ähnliches beschreiben, sich aber dennoch unterscheiden, kann es zu Missverständnissen und Missinterpretationen des erwähnten Ausdruckes kommen. Die vorliegende Masterarbeit versteht unter diesem Begriff einen Lernprozess, bei welchem Alltagsvorstellungen der Schüler*innen umstrukturiert werden, mit dem Zweck, wissenschaftlich begründete Inhalte zu lehren. Folglich gibt es einen Wandel der Schüler*innenvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten durch ein Zusammenspiel aus aktuellen Ideen und individuellen Erfahrungen. Im Gegensatz zum Begriff *Conceptual Change* erklärt die Theorie dazu, unter welchen Bedingungen ein Wechsel von Alltagsvorstellungen zu fachwissenschaftlich begründeten Konzepten vollzogen wird (Pintrich et al. 1993; Duit & Treagust, 2003). Mit diesen Voraussetzungen für eine konzeptuelle Veränderung beschäftigt sich die weltweite Wissenschaft bereits seit den 1970-er Jahren (Möller, 2015, S. 245). Dieses Wissen ist für die praktische Umsetzung im Unterricht unerlässlich (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 49f).

Duit & Treagust (2003) sehen den Lernprozess im Zuge eines Konzeptwandels aus der Perspektive des Konstruktivismus⁷. Dabei wird angenommen, dass soziale, persönliche, historische und motivationale Prozesse die Vorstellungsveränderung prägen (Pintrich et al. 1993). Auch Hewson und Posner gehen von einem konstruktivistischen Lernprozess aus. Nach ihrem Ermessen wird ein Lernprozess als einfach verstanden, wenn das neue Wissen mit dem bereits vorhandenen in Einklang gebracht werden kann. Wenn das jedoch nicht der Fall ist, müssen Alltagskonzepte restrukturiert oder sogar ganz gegen neue ausgetauscht werden. Dies kann zum Beispiel durch einen konzeptuellen Konflikt ausgelöst werden (Hewson & Hewson, 1984). Die Konfliktsituation, die dafür hervorgerufen werden muss, kann einerseits aus epistemologischer⁸ Sicht gesehen werden, wobei man von „conceptual conflict“ spricht. Andererseits verwendet man den Begriff „cognitive conflict“, wenn man die psychologische Perspektive betrachtet. Da diese Arbeit keine psychologischen Aspekte untersucht, wird der Begriff „conceptual conflict“ verwendet (Hewson & Hewson, 1984).

Laut Krüger (2007, S. 82f) werden neben dem Begriff *conceptual change* auch alternative Ausdrücke wie *conceptual reconstruction*, *conceptual growth*, *conceptual development* und *conceptual reorganisation*, die verschiedene Schwerpunkte akzentuieren, verwendet. Ersterer stellt die Rolle der Lehrperson in den Mittelpunkt der konzeptuellen Entwicklung. *Conceptual development/growth* geht von einer schrittweisen Veränderung der Alltagsvorstellung zu einer wissenschaftlichen aus, wobei von einem Verschwinden der alten Vorstellung ausgegangen wird. *Conceptual reorganisation* „greift die Situiertheit und Verknüpfung aus neurobiologischer Perspektive auf“ (Krüger, 2007, S. 82). Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die Theorie des *Conceptual Change* nach Posner et al. (1982), wobei Änderungen der Präkonzepte als Rekonstruktionsprozess angesehen werden.

Zuallerletzt muss noch der Terminus „Evolution“ genauer definiert werden. Er wurde von Charles Robert Darwin, dem Begründer der Evolutionstheorie, geprägt. Ursprünglich verwendete Darwin den Ausdruck „descent with modification“, was übersetzt Abstammung mit Abwandlung bedeutet. Heutzutage ist die Verwendung

⁷ Konstruktivismus: seine Anhänger*innen nehmen an, dass jeder Mensch seine eigene Wirklichkeit erschafft/konstruiert (Stangl, 2023)

⁸ Epistemologie: Erkenntnistheorie wie Erkenntnis geschieht (Stangl, 2023)

der Synonyme Abstammungslehre und Evolution geläufig (Kattmann, 2016, S. 25). Der Begriff Evolution stammt vom lateinischen Wort *evolvere*, was übersetzt entwickeln heißt. Folgendes Zitat von Zrzavý et al. (2013, S. 2) definiert die Bedeutung der Evolution für diese Arbeit: „*Evolution ist die allmähliche Entwicklung eines Systems, das in Abhängigkeit von den in der Vergangenheit bereits gesammelten Erfahrungen auf äußere Einflüsse reagiert*“. In anderen Worten, ein System mit Gedächtnis passt sich an die wechselnden Umweltbedingungen an.

Die Evolution hat eine zentrale Funktion in der Biologie, die Theodosius Dobzhansky folgendermaßen erklärt: „*Nichts in der Biologie erscheint sinnvoll, außer im Lichte der Evolution*“ (Zrzavý et al., 2013, S. 2). Die Evolution hilft uns, naturwissenschaftliche Erklärungen für biologische Phänomene und Zusammenhänge zu finden. All diese Erklärungen beziehen sich auf die biologische Evolution. Konträr zur Evolutionstheorie nach Charles Darwin steht die Schöpfungsgeschichte der Bibel. Es ist jedoch wichtig klarzustellen, dass sich die Evolution nicht nur auf die naturwissenschaftliche Disziplin der Biologie beschränkt. Beispielsweise können wir anhand der gegenwärtig lebenden Vielfalt an Organismen und deren Wechselwirkungen Rückschlüsse auf vergangene Zeiten ziehen und auf diese Weise ein besseres Verständnis der jetzigen Welt erlangen (Zrzavý et al., 2013, S. 2). Nun stellt sich die Frage, welchen Bedeutungsunterschied es zwischen Evolution und der Evolutionstheorie gibt. Im Allgemeinen beinhaltet eine wissenschaftliche Theorie viele Informationen. Einerseits liefert sie Erklärungen verschiedener Aspekte der Welt. Andererseits gibt eine Theorie auch Vorhersagen für Entdeckungen und Beobachtungen preis (Fleisher, 2006, S. 22). Gemäß der National Academy of Science of the USA (1998, S. 5) ist eine naturwissenschaftliche Theorie „*a well-substantiated explanation of some aspect of the natural world that can incorporate facts, laws, inferences, and tested hypotheses*“. Unter Berücksichtigung dieser Erklärungen umfasst die Evolution die Entwicklung eines Systems, während die Evolutionstheorie sich genauer mit den dahinterliegenden Erklärungen und Gesetzen beschäftigt, die uns dabei helfen, die heute existierende Lebenswelt zu erklären. Warum diese Unterscheidung für die naturwissenschaftliche Bildung wichtig ist, wird im Kapitel 4.1. näher erläutert.

3.2. Geschichte der Evolutionstheorie

Um die Existenz der verschiedenen Alltagsvorstellungen zur Evolution zu verstehen, ist ein gewisses Hintergrundwissen zur Geschichte der Evolutionstheorie erforderlich. Dieses Kapitel beschreibt sowohl die Präkonzepte der Vergangenheit als auch den wissenschaftlichen Verlauf der Geschichte der Evolutionstheorie.

Die Ursprünge der Biologie und Naturkenntnis liegen in der ionischen Naturphilosophie und im 4000 Jahre alten Ägypten. Der griechische Naturphilosoph Aristoteles und der Arzt Hippokrates von Kos gehörten zu den ersten Vertretern der Biologie. In der Antike fragten sich die Naturphilosophen erstmals, wie die Natur funktioniert. Ein wichtiger Vertreter in dieser Zeit war auch Thales von Milet (624 – 546 v. Chr.). Er war der Ansicht, dass die Welt ihren Ursprung im Wasser hat. Anaximander von Milet (610 – 547 v. Chr.) stellte schon genauere Vermutungen auf. Beispielsweise ging er von einer Weiterentwicklung wasserlebender Lebewesen zu landlebenden aus und glaubte deshalb, dass der Mensch aus dem Fisch hervorgegangen sei. Aristoteles (384 – 322 v. Chr.) betrachtete Prozesse der Entwicklung als Zufall oder spontanes Ereignis. Dem gegenüber stand die Meinung von Platon (428 – 348 v. Chr.), dass hinter der Natur teleologische⁹ Kräfte wirken, womit Veränderungen zielgerichtet seien (Storch et al., 2013, S. 2f). Folglich gab es im antiken Griechenland bereits verschiedene Vorstellungen zur Evolutionstheorie. Platons historische Vorstellung des Finalismus wird heute noch vertreten und hat sich demnach im Verlauf der Geschichte durchgesetzt.

Das Ende des 16. und der Anfang des 17. Jahrhunderts war geprägt von naturwissenschaftlichen Entdeckungen (Delisle, 2014). Damals beschrieb beispielsweise die deutsche Naturforscherin Maria Sibylla Merian erstmals die Metamorphose¹⁰ von Schmetterlingen (Storch et al., 2013, S. 11). Aufgrund dessen stellt dieser Zeitraum den Beginn der wissenschaftlichen Revolution dar (Delisle, 2014; Storch et al., 2013, S. 10). Zu jener Zeit war noch die Theorie weit verbreitet, dass sich Leben aus Schlamm entwickle. Im 18. Jahrhundert schuf der schwedische Naturforscher Carl von Linné (1707 – 1778) mit der binären Nomenklatur¹¹ die

⁹ Teleologie: *Lehre von einem sinnvollen Zweck aller Entwicklung* (Fussy & Steiner, 2009, S. 649)

¹⁰ Metamorphose: Gestaltwandlung, Verwandlung (Fussy & Steiner, 2009, S. 430)

¹¹ Nomenklatur: Verzeichnis von Fachausdrücken einer Wissenschaft (Fussy & Steiner, 2009, S. 462)

Grundlage für die Taxonomie¹² in den Disziplinen der Zoologie und Botanik. Linné entwickelte ein System, um die Vielfalt der Natur zu ordnen. Georges Louis Leclerc de Buffon (1707 – 1788) überarbeitete Ansätze von Linné und beschrieb erstmals, dass die Erde älter als 6000 Jahre alt sein muss. Mit dieser Aussage widersprach er der Bibel, was für großes Aufsehen sorgte. Zusätzlich vermutete er, dass alle Tiere aus einem einzigen entstanden seien. Mit seinen Erkenntnissen legte er die Grundsteine für die Entwicklung der Evolutionstheorie von Charles Darwin (Storch et al., 2013, S. 10f).

Zu Lebzeiten von Charles Robert Darwin (1809 – 1882) beschäftigte sich auch Jean Baptiste de Lamarck (1744 – 1829) mit der Evolution. Er war Zoologe und kämpfte ständig mit persönlichen oder finanziellen Angelegenheiten. Lamarck gliederte die Tiergruppen nach dem Komplexitätsgrad ihrer Organe. Zudem ging er davon aus, dass Tiere und Menschen durch aktives Training ihre Merkmale verändern und an die nächste Generation weitergeben können. Wie Georges Louis Leclerc de Buffon sprach auch Lamarck von einer weit älteren Erde als zuvor angenommen wurde. Seine Schätzung übertraf aber die von Buffon. Er ging von einer Entstehung der Erde aus, die mehrere tausend oder sogar Millionen von Jahrzehnten zurücklag (Burkhardt, 2013).

Entscheidende Erkenntnisse für die moderne Biologie lieferte dann die Publikation „Origin of Species“ von Charles Robert Darwin im Jahre 1859. Der Prozess der natürlichen Selektion veränderte das Weltbild entscheidend. Nicht nur diese eine Erkenntnis aus seinem Werk, sondern einige weitere ließen die Welt plötzlich in einem anderen Licht erscheinen. Er erklärte die Welt ganz anders als zuvor angenommen wurde (Mayr, 1991, S. 1). Die Wiege der modernen Biologie liegt demnach im 19. Jahrhundert. Darwin wuchs in einer wohlhabenden Familie auf. Sein Vater war Arzt und auch er sollte auf Wunsch seiner Eltern, diese Berufslaufbahn einschlagen. Darwin weigerte sich und begann Theologie zu studieren mit dem Ziel Landpfarrer, auch wunschgemäß seines Vaters, zu werden. Er interessierte sich jedoch schon immer sehr für die Fauna und Flora, besonders gerne sammelte er Käfer. Mit einem Alter von 22 Jahren ging er 1831 an Bord des Schiffes „Beagle“ und begann seine fünfjährige Weltumsegelung. Das Ziel dieser Reise war, die

¹² Taxonomie: *Wissenschaft von der verwandtschaftlichen Ordnung der Organismen* (Fussy & Steiner, 2009, S. 647)

Küstenlinien Südamerikas neu zu vermessen, in der Absicht, die Seekarten auf den neusten Stand zu bringen. Charles Darwin nützte bei dieser Reise die Gelegenheit, seine Tiersammlungen sowohl mit lebenden als auch mit toten Tieren zu erweitern. Außerdem setzte er sich näher mit der Geologie¹³ der Inseln und Küsten Südamerikas auseinander. Nach seiner fünfjährigen Reise analysierte und sortierte Darwin seine gesammelten Tiere und bemerkte, dass sich die Morphologie¹⁴ der Finken auf den verschiedenen Galapagosinseln unterscheidet. Mit seiner Entdeckung des Artenwandels widmete er sich anschließend der Erklärung der Prozesse, die dafür zuständig sind. Die erste Theorie formulierte er im Jahre 1837. Diese ähnelte sehr stark den Ideen von Lamarck, denn auch er war der Überzeugung, dass erworbene Eigenschaften an die nächste Generation weitergegeben werden können. Erst ein Jahr später erkannte Charles Darwin die Funktion der natürlichen Selektion als richtungsgebenden Mechanismus der Evolution, während er das Werk „*Essay on the Principle of Population*“ las. Aufgrund der Unsicherheit hinsichtlich der Auswirkungen seiner Erkenntnisse auf die Gesellschaft Englands, schrieb er erstmals seine Gedanken im Jahre 1842 auf. 16 Jahre später - 1858 - erreichte ihn ein Brief von Alfred Russel Wallace (1823 – 1913), indem fast seine identischen Überlegungen zum Evolutionsmechanismus verschriftlicht waren. Beide sahen den Prozess der natürlichen Selektion als entscheidenden Einfluss auf die Evolution. Ein möglicher Grund für die gleichen Ideen zu den evolutionären Prozessen ist die fast identische Literatur, die sie gelesen haben. Darwin und Wallace hatten nicht nur die gleichen Überlegungen, sie sind auch beide in England geboren. Noch im selben Jahr des Aufeinandertreffens der Ideen von Darwin und Wallace wurde eine Kombination aus beiden Manuskripten erstmals veröffentlicht. Diese neuen Erkenntnisse veränderten das Weltbild entscheidend, da sie damit einen wichtigen Durchbruch in der Wissenschaft erzielten (Hoßfeld & Olsson. 2014, S. 100f).

¹³ Geologie: *Wissenschaft vom Bau und von der Geschichte der Erde* (Fussy & Steiner, 2009, S. 261)

¹⁴ Morphologie: Gestaltlehre, Formenlehre (Fussy & Steiner, 2009, S. 442)

3.3. Entwicklung von Alltagsvorstellungen

Lernprozesse sind sehr individuell und abhängig von persönlichen Zielen, Interessen und Vorstellungen (Pintrich et al., 1993). Wir Menschen lernen, indem wir handeln und neues Wissen mit bereits vorhandenem verknüpfen. Dieser Vorgang geht zumeist mit Imitation, Reflexion und Ausprobieren einher. Außerdem ist Lernen nicht auf eine gewisse Zeit beschränkt, sondern findet in unserem Leben kontinuierlich statt. Dabei spielen auch Emotionen eine wichtige Rolle, denn sie beeinflussen motivationale Faktoren. Da das Lernen von gesellschaftlicher Integration geprägt ist, ist auch die Kultur, in welcher wir aufwachsen, von Bedeutung. Dem gegenüber steht unsere individuelle Lebensart, die den Lernprozess ebenfalls mitbestimmt (Hackl, 2017, S. 18).

In diesem Kontext ist es wichtig, zwischen Wissen und Können zu unterscheiden, da sie das Resultat des Lernens widerspiegeln (Hackl, 2017, S. 18, 23). Zuerst zur Begriffsdefinition von Können. Es bedeutet „bestimmte Handlungen auszuführen“ (Hackl, 2017, S. 18). Dazu zählen nicht nur körperliche Bewegungen, sondern auch geistige. Im Gegensatz dazu besagt Wissen, in der Lage zu sein, „bestimmte Sinnzusammenhänge denkend zu vergegenwärtigen“. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass vorhandene Inhalte aus dem Gehirn abgerufen werden können. Diese zwei Definitionen schließen einander jedoch nicht aus, im Gegenteil, die beiden Vorgänge laufen immer gemeinsam ab. Beispielsweise muss man um etwas zu können auch die Fähigkeit besitzen, das Wissen bereitzustellen. Ein alltägliches Beispiel, um diesen gemeinsamen Ablauf zu verdeutlichen, ist das Spazierengehen. Wenn wir gehen, bewegen wir nicht nur unsere Arme und Beine, sondern denken dabei auch an das passende Gehtempo oder auch an ganz andere Dinge. Demgemäß spazieren wir nicht ohne dabei an etwas zu denken (Hackl, 2017, S. 18f).

Alles in allem verbindet jeder einzelne Mensch beim Lernen neues Wissen mit bereits vorhandenem. Lernprozesse sind demnach individuell und es entstehen zum gleichen Phänomen verschiedene Alltagsvorstellungen (Hewson & Hewson, 1984). Dabei finden Modifizierungen der eigenen Präkonzepte statt (Demastes et al., 1995, S. 638).

3.4. Alltagsvorstellungen verändern – Conceptual Change

Die theoretische Basis, die mit diesem Kapitel geschaffen wird, dient dem allgemeinen Verständnis von Lernprozessen, der Darstellung der Eigenschaften von Alltagsvorstellungen und präsentiert Anwendungsmöglichkeiten der *Conceptual-Change* Theorie für den Unterricht. Zum Schluss wird noch ein kurzer Ausblick des zukünftigen Einsatzes kognitiver Konflikte im Unterricht gegeben.

Studien der letzten drei Jahrzehnte zeigen, dass Schüler*innen nicht als *Tabula rasa* in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, sondern bereits vorunterrichtliche Vorstellungen entwickelt haben. Diese Ideen, die von individuellen Erfahrungen geprägt sind und helfen, alltägliche Phänomene zu erklären, entsprechen in den meisten Fällen nicht jenen der modernen Wissenschaft. Vielmehr stehen sie in dem Gegensatz (Duit & Treagust, 2003; Hopf et al., 2022, S. 34). Um konzeptuelle Veränderungen im Unterricht zu untersuchen, werden in der Forschung folgende drei Bereiche genauer behandelt: 1. das Erfassen von Lerner*innenperspektiven, 2. die fachliche Klärung und 3. die didaktische Strukturierung (Baalmann et al., 2004). Diese drei Bereiche werden im Modell der Didaktischen Rekonstruktion dargestellt (Kattmann, 2016, S. 15). Im Kontext der Schule ist laut Limón (2001) die Befassung mit folgenden zwei Fragen essenziell: Mit welchen Alltagsvorstellungen kommen Schüler*innen in die Schule? Wie kann man als Lehrperson eine Verknüpfung von neuen Vorstellungen mit den alten hervorrufen? Ersteres wird im Kapitel 3.4.2. Erhebung von Schüler*innenvorstellungen behandelt. Antworten auf die zweite Frage werden im Unterpunkt 3.4.6. gegeben.

Im Allgemeinen kann man laut Hewson zwischen zwei verschiedenen Arten von *conceptual change* unterscheiden. Zum einen kommt es zu einem *conceptual exchange* oder auch *accommodation* genannt, wenn die neue Vorstellung plausibler als die bereits stark entwickelte vorhandene erscheint und aus diesem Grund gegen die alte ausgetauscht wird. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass das Konzept nicht vollständig verschwindet, sondern es kann jederzeit wieder darauf zurückgegriffen und wieder aufgenommen werden. Zum anderen wird der Begriff *conceptual capture* oder auch *assimilation* verwendet, wenn ein neues Konzept in das bestehende integriert wird. Dazu kommt es, wenn die Instruktionen im Unterricht nicht mit den

eigenen Konzepten übereinstimmen und ein Gefühl von Unzufriedenheit geschaffen wird. Es werden neue Inhalte in die bereits vorhandenen aufgenommen, dennoch verbleiben Bruchstücke der Anfangsideen, die in bestimmten Kontexten erfolgreich angewendet werden können (Duit & Treagust, 2003). Dazu kann es nur kommen, wenn die Person noch keine stark ausgeprägten Vorstellungen zu einem bestimmten Themenbereich entwickelt hat (Pintrich et al., 1993). Diese Integration neuer Ideen entspricht der konstruktivistischen Lerntheorie. Aufgrund der Absenz an Studien, die einen vollständigen Konzeptwechsel nachweisen können, spricht man häufig von Hybridideen, die sich aus den eigenen und den neuen zusammensetzen (Duit & Treagust, 2003).

3.4.1. Eigenschaften der Präkonzepte

Alltagsvorstellungen stehen in Verbindung mit Einstellungen und Überzeugungen zu einem bestimmten Thema. Wichtig zu verdeutlichen ist deren unterschiedliche Definition. Während Überzeugungen nur kognitive Aspekte umfassen, werden Einstellungen von vielen Faktoren wie zum Beispiel Überzeugungen, Emotionen, Gedanken etc. beeinflusst (Konnemann et al., 2012). Auf diese Begriffsunterscheidung ist insbesondere zu achten, um Missverständnisse zu verhindern.

Aus der Perspektive der Lehrpersonen werden Vorstellung der Schüler*innen häufig als Widerspruch wahrgenommen. Doch hinter jedem Präkonzept findet man eine gewisse Schlüssigkeit. Denn obwohl sich Alltagsvorstellungen individuell entwickeln, kann man ein bestimmtes Muster erkennen (Hopf et al., 2022, S. 34), welches Wandersee et al. (1994, S. 195) mithilfe acht verschiedener Thesen darstellt:

1. Lernende haben viele verschiedene Vorstellungen, die aber trotzdem interindividuell sehr ähnlich sind.
2. Die Alltagsvorstellungen kommen in Gruppen jeder Kultur, jeder Fähigkeit, jedes Geschlechts und jedes Alters vor.
3. Sie sind widerständig gegenüber der Auslöschung.
4. Präkonzepte sind oftmals Erklärungen früherer Generationen von Wissenschaftler*innen ähnlich.
5. Sie sind das Resultat persönlicher Wahrnehmungen und Erfahrungen.

6. Lehrpersonen haben häufig die gleichen Vorstellungen wie ihre Schüler*innen.
7. Im Unterricht kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen Vorwissen und präsentiertem unterrichtlichen Wissen.
8. Unterrichtsstrategien, die Vorstellungsveränderungen begünstigen, können sich als hilfreiche Werkzeuge herausstellen (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 52f).

Das Wichtigste für das Lehrpersonal ist sich der Existenz unterschiedlicher Alltagsvorstellungen und der Ineffizienz, diese mittels klassischer Lernstrategien zu verändern, bewusst zu sein. Warum diese unwirksam sind, kann bis heute noch nicht wissenschaftlich begründet werden. Aus diesem Grund stellt die Konzeptweiterentwicklung ein aktuelles Forschungsthema dar (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 52f).

3.4.2. Erhebung von Schüler*innenvorstellungen

Ergebnisse vieler weltweiter Studien (z. B. Wescott & Cunningham, 2005; Baalmann et al., 2004; Donnelly et al., 2009) belegen, dass die Mehrheit der Schüler*innen mit Präkonzepten, die stark von den fachwissenschaftlich begründeten abweichen, die Schule besuchen. Deshalb wird angenommen, dass im Evolutionsunterricht ein konzeptueller Konflikt erzeugt werden muss, um Alltagsvorstellungen weiterzuentwickeln (Hewson & Hewson, 1984).

Nun stellt sich die Frage, wie man als Lehrperson einen Konzeptwandel am besten hervorruft. Zuallererst ist es vonnöten, die Alltagskonzepte der Schüler*innen zu erfassen (Hewson & Hewson, 1984). Alfred Diesterweg war bereits 1835 der Meinung, dass „ohne Kenntnis des Standpunktes des Schülers [...] keine ordentliche Belehrung desselben möglich“ ist (Kattmann, 2016, S. 9). Einerseits kann man vorhandene Forschungsdaten aus der Fachdidaktik nutzen, um sich über die möglichen Schüler*innenvorstellungen zu informieren. Zum Beispiel über die Datenbank des Instituts für Pädagogik¹⁵ der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN). Des Weiteren kann man sie der Bibliografie der „*Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*“ oder dem Buch „Schüler besser verstehen“ von Kattmann Ulrich entnehmen. Andererseits kann man selbst die Präkonzepte im

¹⁵ Pädagogik: Wissenschaft von der Erziehung und Bildung (Fussy & Steiner, 2009, S. 479)

Unterricht erheben. Grundsätzlich kann man dabei zwischen schriftlichen und mündlichen Methoden unterscheiden. Diesbezüglich gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Test: Die Verwendung von schriftlichen Tests ist die häufigste Methode zur Erhebung von Alltagskonzepten. Diese Tests werden vor allem im Multiple Choice Format erstellt, wobei man zusätzlich die Schüler*innen bitten könnte, eine kurze Begründung für ihre Auswahl zu verfassen. Aber auch offene Fragen können verwendet werden (Schecker et al. 2018, S. 16).
- Mindmap: Das Grundkonzept besteht darin, dass einzelne Begriffe, die zu einem bestimmten Themengebiet gehören, visuell dargestellt und geordnet werden. Mindmaps können nicht nur individuell, sondern auch in Gruppen erstellt werden. Der Vorteil von Gruppenmindmaps ist die zusätzliche Möglichkeit der Feststellung von Kommunikations- und Gruppenlernprozessen. Die Mindmap kann unterschiedlich gestaltet werden. Die Schüler*innen können ihrer Kreativität freien Lauf lassen, dies betrifft sowohl die farbliche als auch die grafische Darstellung. Diese Methode kann sowohl als Einstieg zur Ideensammlung und Feststellung des Vorwissens verwendet werden, als auch zur Ergebnissicherung nach einem behandelten Thema (Krampen & Zayer 2006, S. 316, 320).
- Konzept-Cartoons: Die Verwendung eines Konzept-Cartoons eignet sich sehr gut für den Beginn einer Unterrichtsstunde und das Aufgreifen eines neuen Themengebietes. Es handelt sich dabei um eine Abbildung mit mehreren Sprechblasen, die verschiedene Vorstellungen zu einem Thema präsentieren. Die Schüler*innen sollen sich für eine Vorstellung entscheiden und ihre Auswahl begründen (Kattmann, 2016, S. 17).
- Zeichnung/Skizze: Auch grafische Darstellungen können zur Erhebung der Alltagsvorstellungen der Schüler*innen verwendet werden (Schecker et al. 2018, S. 16). Eine mögliche Aufgabe könnte folgendermaßen lauten: Zeichne eine tierische Zelle!
- Kartenabfrage: Ein Satzanfang, beispielsweise „Ein Bakterium ist ...“, wird entweder auf die Tafel oder einen Zettel für jeweils jede*n Schüler*in geschrieben. Die Aufgabe der Schüler*innen lautet nun, den Satz auf einem Zettel zu vervollständigen und ein Zeichen zu hinterlassen, welches nur sie

erkennen. Dadurch wird einerseits Anonymität gewährt und andererseits erkennen sie ihren eigenen Zettel am Ende der Stunde wieder und können ihre Vorstellung mithilfe des neu erlernten Wissens kommentieren (Kattmann, 2016, S. 17).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Alltagsvorstellungen über viele verschiedene Methoden erhoben werden können und eine wesentliche Vorbedingung von Lernen und Unterricht darstellen. Deshalb ist die Kenntnis über ein vorhandenes Vorwissen nicht ausreichend, sondern Lehrkräfte müssen es auch kennen. Ansonsten kann es weder aktiviert werden, noch kann eine Veränderung des Präkonzeptes festgestellt werden (Limón, 2001).

3.4.3. Conceptual Change Theorie

Das *conceptual change* Modell “provides an explanation of why conceptual conflict occurs, how it can be resolved, and, as a consequence, how it can be used in instructional design” (Hewson & Hewson, 1984). Das bekannteste Modell in den Naturwissenschaften wurde von Posner, Strike, Hewson and Gertzog (1982) entwickelt. Sie orientieren sich überwiegend an epistemologischen Gesichtspunkten und verfolgen das Ziel, eine Konzeptveränderung hervorzurufen (Krüger 2007, S. 83). Die Erklärungen des Ablaufes eines Konzeptwechsels von Posner et al. gleichen jenen von Kuhn Thomas. Beide gehen von einem radikalen Austausch von Vorstellungen ohne Übergangsformen aus (Demastes, et al., 1995, S. 638). Hierfür wird mit dem Gefühl der Unzufriedenheit der Schüler*innen gearbeitet, um die Weiterentwicklung der Konzepte zu fördern. Damit ein neues Konzept aufgenommen werden kann, müssen die inhaltlichen Informationen bestimmten Anforderungen gerecht werden. Nur wenn diese erfüllt werden, kann das Wissen in das bereits bestehende integriert werden (Hewson & Hewson, 1984; Duit & Treagust, 2003). Nach Posner et al. (1982; Strike & Posner, 1992, S. 149) sind folgende vier Bedingungen essenziell für eine konzeptuelle Entwicklung:

1. Unzufriedenheit: Zuallererst muss von dem*der Lernenden ein Gefühl der Unzufriedenheit mit dem existierenden Konzept bestehen. Denn erst wenn das Vertrauen an der eigenen Vorstellung verloren geht, kann es zu einer Konzeptveränderung kommen. Diese Unzufriedenheit kann auf verschiedene

Weisen hervorgerufen werden, zum Beispiel durch einen konzeptuellen Konflikt. Sowohl die Konditionen für die Unzufriedenheit als auch für die Fruchtbarkeit erfordern die Fähigkeit, Probleme zu erkennen und zu lösen. Grundsätzlich gilt: umso mehr Zufriedenheit eine Alltagsvorstellung hervorruft, desto weniger ist eine Person für einen *conceptual change* bereit. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass wir eher dazu tendieren, neue Ideen in unsere Vorstellungen aufzunehmen, anstatt sie ganz zu verwerfen.

2. **Verständlichkeit:** Das neue Konzept muss verständlich sein und wird umso leichter akzeptiert, umso besser es zu den bereits bestehenden Vorstellungen passt. Die Arbeit mit Analogien¹⁶ und Metaphern¹⁷ im Unterricht bietet die Möglichkeit, neue Vorstellungen mit anderen Wissenssystemen zu verbinden. Damit ein Konzept als verständlich angenommen werden kann, muss es laut Hewson und Hennessey (1982, S. 177) von der jeweiligen Person mit eigenen Worten erklärbar sein und mit passenden Beispielen akzentuiert werden. Solange dies nicht der Fall ist, kann es zu keiner Konzeptweiterentwicklung kommen.
3. **Plausibilität:** Um eine Vorstellung plausibel benennen zu können, erfordert sie Verständlichkeit und eine Übereinstimmung mit der eigenen Sicht der Welt und den bereits vorhandenen Vorstellungen. Das neue Konzept muss widerspruchsfrei und glaubwürdig sein. Zudem stellt es die Lösung von zuvor unlösbaren Problemen dar. Um abzuwegen, ob ein Konzept plausibler ist als das andere, müssen kognitive Prozesse wie Reflexion und Vergleiche ablaufen. Nur wenn dies geschieht, kann ein*e Schüler*in bewerten, welche Vorstellung für ihn*sie persönlich am überzeugendsten ist.
4. **Fruchtbarkeit:** Ein Konzept ist dann fruchtbar, wenn es plausibel und verständlich ist. Zusätzlich hilft es dabei Probleme zu lösen und es ist auch auf andere Ideen anwendbar. Genauer genommen bedeutet das, dass weitere Anwendungsbereiche geschaffen und Erfahrungen gesammelt werden. Infolgedessen kommt es durch Beobachtungen zur Entwicklung neuer Ansichten. Die neue Vorstellung muss nicht nur den Anschein erwecken,

¹⁶ Analogie: das Sich-gleich-sein (Fussy & Steiner, 2009, S. 45)

¹⁷ Metapher: Sinn eines Wortes wird in einen anderen Bedeutungszusammenhang übertragen (als Bild) (Fussy & Steiner, 2009, S. 430)

Probleme lösen zu können, sondern auch neue Wege eröffnen und ein besseres Verständnis der Welt ermöglichen.

Anschließend ist es noch wichtig zu verdeutlichen, dass es vom individuellen Vorwissen jedes einzelnen abhängt, ob die Bedingungen eines neuen Konzeptes erfüllt werden oder nicht (Hewson & Hewson, 1984).

Beim ersten Kontakt mit einem neuen Konzept stößt man in den meisten Fällen auf Ablehnung. Die neue Vorstellung wird nicht akzeptiert oder einfach ignoriert. Aber auch wenn der neue Inhalt anerkannt wird, geht dies nicht automatisch mit einer Veränderung des alten Konzeptes einher. Zu einer Weiterentwicklung kommt es nur, wenn es zur Neuinterpretation von Wissen kommt. Selbst wenn es zu einem Konflikterlebnis kommt und gleichzeitig das neue Konzept auf Verständlichkeit trifft, kommt es nur langsam zu einer Integration von neuem Wissen in das bereits bestehende. Der Grund für diesen langsamen Prozess liegt in der großen Anzahl an Erfahrungen, die bis zu diesem Zeitpunkt bereits gesammelt wurden (Krüger, 2007, S. 87f).

Ein Wandel von Vorstellungen bedeutet nicht unbedingt einen gänzlichen Austausch von Vorstellungen, sondern vielmehr eine häufigere Verwendung der am sinnvollsten erscheinenden für die jeweilige Person (Duit & Treagust, 2003). Das Paradoxe am *conceptual change* Modell ist, dass es Schüler*innen mit weniger stark ausgeprägten Konzepten einfacher fällt, neues Wissen aufzunehmen. Dies geschieht aufgrund weniger kognitiver Barrieren, die überwunden werden müssen. Es überwiegen jedoch in vielen anderen Lernprozessen die Vorteile von mehr Vorwissen (Pintrich et al., 1993).

externale Variablen: kultureller Rahmen, Lehr-Lernsituation, Lernklima
interne Variablen: epistemologische, ontologischer, metaphysischer Filter

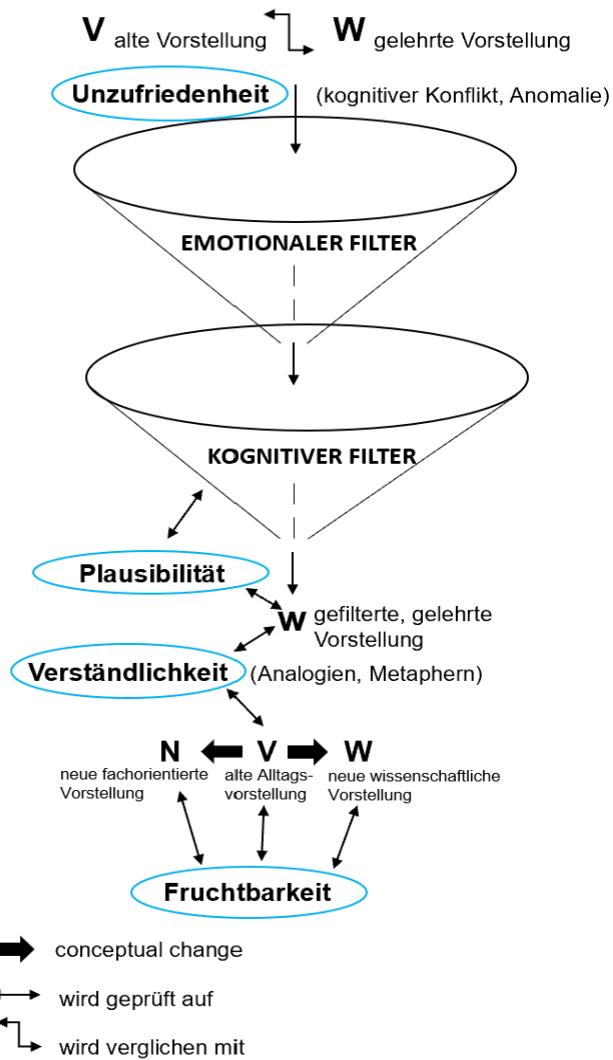


Abbildung 1: Komponenten der Conceptual Change-Theorie (eigene Darstellung)

Abbildung 1 stellt die vier Bedingungen neuer Informationen im Kontext zweier wichtiger Filter, die während dem Lernprozess eines neuen Konzeptes durchquert werden, dar. Zum einen beinhaltet der emotionale Filter Aspekte wie das Selbstkonzept, die Motivation, das Interesse und ist die erste Station, die beim Lernen durchlaufen wird. All jene Faktoren beeinflussen unsere persönlichen Überzeugungen und Einstellungen, weshalb sie unsere Herangehensweise an Lernprozesse bestimmen. Dank wissenschaftlicher Erkenntnisse ist bekannt, dass Lernen nicht ohne eine Aktivierung des limbischen Systems im Gehirn erfolgt. Angesichts dessen wird dem emotionalen Filter die gleiche Bedeutung wie dem

kognitiven zugemessen. Zum anderen involviert der kognitive Filter die Auseinandersetzung mit eigenen kognitiven Prozessen und verschiedene Arten an Überzeugungen, genauer genommen, epistemologischen, ontologischen¹⁸ und metaphysischen¹⁹. Diese Filter gehören den internalen Variablen an. Wie man aus der Abbildung entnehmen kann, gehören der kulturelle Rahmen, die Lehr-Lernsituation und das Lernklima zu den externalen Variablen. Das Hineinwachsen in die umgebende Kultur mit dem gleichzeitigen Erwerb von Wissen, wird als kultureller Rahmen definiert. Es wird erlernt, welche Vorstellungen in welchem Kontext passend sind. Dieses Wissen wird von Generation zu Generation weitergegeben und entwickelt sich schlussendlich zu einer Tradition. Der dritte und somit auch letzte Kontext, der für eine konzeptuelle Entwicklung von Bedeutung ist, ist das Lernklima. Die Klasse als Gemeinschaft beim Lernprozess und verschiedene Aspekte des Lernangebots werden hier berücksichtigt. Beispielsweise spielt die Authentizität des Unterrichtsmaterials eine entscheidende Rolle, die persönliche Bedeutsamkeit und das Wohlfühlen in der Gruppe. Unter Berücksichtigung all der genannten Aspekte kann die Theorie des *Conceptual Change* dabei helfen, den Lehr-Lern-Prozess besser zu verstehen und folglich weiterzuentwickeln (Krüger, 2007, S. 85f).

Der genaue schrittweise Ablauf einer konzeptuellen Weiterentwicklung wird nun näher erklärt. Zuallererst kommt es zu einem Vergleich des Präkonzeptes (V) mit einer neuen Vorstellung (W) unter Beeinflussung externaler und internaler Variablen. Im Idealfall, wenn die erste der vier Bedingungen - Unzufriedenheit – nach Posner et al. (1982) erfüllt wird, kommt es zu einem konzeptuellen Konflikt. Die neue, gelehrt Vorstellung passiert den emotionalen und den kognitiven Filter, wobei es zu einer Modifikation kommt. Anschließend muss sich das modifizierte neue Konzept als plausibel, verständlich und fruchtbar herausstellen. Diese drei Faktoren sind für die konzeptuelle Veränderung in Richtung wissenschaftlichen (W) oder fachorientierten Vorstellungen (N) der Lernenden entscheidend. Letztendlich enthält das neue Konzept noch Inhalte der alten Vorstellung, was verdeutlicht, dass es sich um einen individuellen Konstruktionsprozess handelt (Krüger, 2007, S. 85).

¹⁸ Ontologie: *die Lehre vom Sein* (Stangl, 2023)

¹⁹ metaphysisch: jede mögliche Erfahrung überschreitend, übernatürlich (Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, o.J.)

Für eine konzeptuelle Veränderung gibt es nicht nur die vier erwähnten Bedingungen nach Posner et al. (1982), die erfüllt werden sollten, sondern, laut der Literatur, viele weitere. Erwähnenswert sind in diesem Kontext drei Publikationen, eine von Siegler (1983), eine von Murray (1983) und eine von Hewson & Hewson (1984). Laut Siegler (1983) ist die Vorbedingung für einen Lernprozess, sich seinem vorhandenen, unzureichenden Wissen bewusst zu sein. Erst wenn dies eintritt, kann es zu einem Konflikterleben kommen. Murray (1982) stimmt dieser Aussage zu, ergänzt aber, dass nicht jedes Lernen einen Konflikt benötigt. Hewson & Hewson (1984) schreiben von drei weiteren Bedingungen, die erfüllt werden müssen, um eine Situation hervorzurufen, bei der ein konzeptueller Konflikt ausgelöst wird:

1. Beide Konzepte, sowohl das bereits Vorhandene als auch das Neue, müssen für die Person klar verständlich sein. Wenn dies nicht der Fall ist, kann es zu keinem Konflikterleben kommen.
2. Die Person muss die Fähigkeit besitzen, zwei Konzepte zu vergleichen. Zudem muss verstanden werden, dass der dabei entstehende Konflikt darauf hinweist, dass nur eines der beiden richtig sein kann.
3. Die Problematik kann schlussendlich auf zwei verschiedene Weisen gelöst werden. Einerseits kann ein Konzept behalten und das andere verworfen werden. Andererseits kann sich die Person bewusstwerden, dass es keine zufriedenstellende Möglichkeit eines Vergleichs der beiden Konzepte gibt.

Alles in allem wird jenes Konzept beibehalten, das plausibel erscheint, unabhängig davon, ob es der fachwissenschaftlich begründeten Vorstellung entspricht oder nicht (Hewson & Hewson, 1984). Als Lehrkraft ist es nicht nur wichtig, Konfliktsituationen zu schaffen, sondern auch Unterstützungen beim Lösungsprozess bereitzustellen (Pintrich et al., 1993).

3.4.4. Affektive Faktoren

Das Problem des konzeptuellen Konflikts besteht darin, dass Inhalte, die für die Lehrperson sinnvoll erscheinen, nicht auch automatisch von den Schüler*innen so wahrgenommen werden. Die Ursache dafür liegt in der Motivation. Ohne Neugier oder Interesse kann keine Konfliktsituation entstehen. Demzufolge müssen nicht nur die vorhin genannten Bedingungen erfüllt werden, sondern auch motivationale

Faktoren berücksichtigt werden (Dreyfus et al., 1990). Mehrere Artikel publizierten die aus ihrer Sicht wichtigsten Faktoren für einen *conceptual change*. Häufig werden konstruktivistische Überzeugungen in den Vordergrund gestellt, wobei motivationale Faktoren auch als Teilespekte erwähnt werden. Die Theorie von Posner et al. (1982) wurde ein Jahrzehnt nach dessen Publikation von Strike und Posner (1992) überarbeitet. Für sie handelt es sich bei einer konzeptuellen Veränderung um einen dynamischen Prozess mit einer stetigen Weiterentwicklung und nicht um einen radikalen Konzepttausch, wie zuvor angenommen. Diese These verifizierte Demastes et al. (1995, S. 659) in seinen Untersuchungen. Eine weitere Erkenntnis von Strike und Posner (1992), die sie 10 Jahre später gewannen, ist die größere Bedeutung motivationaler Faktoren als zuvor angenommen. Für Pintrich et al. (1993) gibt es insgesamt vier Aspekte, die bezüglich der Motivation eine entscheidende Rolle für eine Konzeptveränderung spielen. Es handelt sich dabei um: Ziele, Werte, Selbstwirksamkeits- und Kontrollüberzeugungen. Zusätzlich ist zu verdeutlichen, dass motivationale Faktoren stark vom Klassenkontext abhängen und nicht nur auf individuellen Merkmalen beruhen (Limón, 2001). Sowohl die extrinsische Motivation, durch Erfolgsvergleiche hervorgerufen, als auch die intrinsische Motivation, bei welcher mit innerlicher Freude neue Inhalte gelernt werden, wirken sich positiv auf eine konzeptuelle Veränderung aus (Krüger, 2007, S. 86). Außerdem ist auch ein gewisses Maß an Vorwissen und logischem Verständnis erforderlich, um neue Inhalte verstehen zu können. Eine mögliche Strategie, im Unterricht Konzepte als sinnvoll erscheinen zu lassen, sind Gruppendiskussionen mit Mitschüler*innen (Dreyfus et al., 1990). Daraus können neue Perspektiven und Ziele resultieren, die das Reorganisieren von Wissen fördern (Limón, 2001).

Eine weitere Variable, die eine konzeptuelle Entwicklung beeinflusst, ist das Vertrauen. Je mehr Vertrauen Schüler*innen in ihr eigenes Können und ihre Vorstellungen haben, desto stärker beharren sie auf ihren Konzepten und desto unempfänglicher sind sie gegenüber neuen Ideen und Inhalten. Außerdem spielt das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten des Lernens eine wichtige Rolle. Wenn Schüler*innen davon überzeugt sind, dass sie ihre Lernprozesse kontrollieren können, dann fällt es ihnen leichter, Probleme zu lösen und umgekehrt genauso (Pintrich et al., 1993).

3.4.5. Kritikpunkte

Die *Conceptual Change* Theorie stößt nicht immer nur auf Zustimmung. Es wurden diesbezüglich schon einige Kritikpunkte geäußert. Ein wichtiger Gesichtspunkt stellt dabei die fehlende Definition einer Konzeptveränderung dar. Dies bedeutet, dass nicht klar ist, wie groß die Veränderung der Alltagsvorstellung hin zum gelehrt Konzept sein muss, sodass von einem *conceptual change* gesprochen werden kann. Ohne dieser klaren Definition kann nie festgestellt werden, ob das Ziel des Lernprozesses erreicht wurde. Hierfür wäre auch eine Zeitangabe, die für den Interventionsprozess erforderlich ist, vonnöten (Limón, 2001). Ein weiteres Problem stellt laut Duit und Treagust (2003) die noch immer vorhandene Ansicht des *conceptual change* als radikalen Konzepttausch dar. Es handelt sich vielmehr um einen Prozess der Restrukturierung der vorhandenen Vorstellungen hin zu den erwünschten, richtigen. Dafür spricht auch der Fakt, dass ein radikaler Austausch die Alltagsvorstellungen nicht sofort verschwinden lässt, da sie sich in vielen Situationen des täglichen Lebens als brauchbar und hilfreich erweisen (Hopf et al., 2022, S. 34; Gropengießer & Marohn, 2018, S. 52f). Weiters ist die häufige epistemologische Herangehensweise zu kritisieren, denn es werden wichtige Faktoren, die den Lernprozess beeinflussen, nicht beachtet. Dabei handelt es sich beispielsweise um Aspekte wie Interesse und Motivation (Hagman et al., 2003). Aus diesem Grund entwickelte sich seit den 1980ern nach und nach ein multiperspektivischer Ansatz (Duit & Treagust 2012, S. 45f). Angesichts dieser Tatsachen sind noch weitere Forschungen zu diesem Themengebiet erforderlich, um die *Conceptual Change* Theorie gewinnbringend im Unterricht verwenden zu können.

3.4.6. Empfehlungen an das Lehrpersonal

Zuerst wird näher auf den Umgang mit Präkonzepten im Unterricht eingegangen. Studien zeigen (Hewson & Hewson, 1984), dass Lehrpersonen das Aufgreifen von Alltagsvorstellungen im Unterricht häufig ablehnen. Sie argumentieren, es sei hinderlich oder eine Zeitverschwendungen. Zudem ist es manchen nicht bewusst, dass Schüler*innen den gelehrt Inhalt nicht identisch im Gedächtnis speichern. Je nach Ergebnis der Erhebung der Präkonzepte, kann man als Lehrkraft verschieden darauf reagieren. Wenn beispielsweise zwei Konzepte bestehen, die sich unterscheiden,

jedoch in irgendeiner Art und Weise miteinander verbunden sind, wird empfohlen zu differenzieren. Dies bedeutet genauer, dass die Alltagsvorstellung des*der Schüler*in in weitere kleinere Konzepte aufgegliedert wird. Die Absicht dahinter ist das einfachere Verständnis zweier klar verständlicher Konzepte, welche folglich leichter miteinander verbunden werden können. Außerdem gibt es noch die Möglichkeit der Integration, bei welcher die Lernenden neues Wissen in ihr bereits vorhandenes aufnehmen oder mehrere verschiedene Konzepte miteinander verknüpfen. Diese Methode wird eingesetzt, wenn zwei verschiedene Vorstellungen existieren, die miteinander vereinbar, aber nicht verbunden sind. Die dritte Möglichkeit bei zwei Vorstellungen, die stark voneinander abweichen, ist der Austausch. Dabei wird je nach individuellen Präferenzen entweder das alte Konzept durch das neue ausgetauscht oder das neue abgelehnt. Konkrete Beispiele oder Unterrichtsmaterialien zur Umsetzung im Evolutionsunterricht müssen erst noch erarbeitet werden.

Nun folgen weitere Ratschläge an das Lehrpersonal, um Weiterentwicklungen von Alltagsvorstellungen zu ermöglichen. Limón (2001) erwähnt diesbezüglich zwei Aspekte. Erstens soll die Konfliktsituation unter Verwendung von ungewöhnlichen Informationen und Analogien hervorgerufen werden. Zweitens sollen anschließend Diskussionen in der Klasse geführt werden, welche das kooperative Lernen fördern. Damit all dies umgesetzt werden kann, müssen gemäß Chan et al. (1997) Schüler*innen zuerst lernen, einen Konflikt hervorzurufen oder überhaupt Unzufriedenheit mit der vorhandenen Vorstellung zu verspüren. Demzufolge sollen Lehrkräfte immer wieder im Unterricht versuchen, mithilfe geeigneter Materialien, eine Konfliktsituation herzustellen. Als vorteilhaft stellte sich in der Studie von Jensen & Finley (1995) zur Evolutionstheorie auch die Lehre des Lamarckschen Konzepts vor dem Darwinistischen heraus. Diese Herangehensweise beruht auf der Herausarbeitung von Missverständnissen gleich zu Beginn der Erarbeitung des Themengebietes. Diese Fehlvorstellungen werden anschließend mit Argumenten aus der Wissenschaft konfrontiert. So wird eine Konfliktsituation hervorgerufen, die im besten Fall zu einer Vorstellungsveränderung führt. Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen eine 65%ige Erhöhung der Erkennung von Missverständnissen in der Evolutionstheorie. Demzufolge handelt es sich hierbei um eine Möglichkeit, im Unterricht einen konzeptuellen Konflikt auszulösen.

Im Allgemeinen spielt die Klassenstruktur eine wichtige Rolle für die Wahrnehmung des Lernprozesses. Zudem sind individuelle Zielsetzungen, durch motivationale Faktoren beeinflusst, hilfreich, um zu verstehen, wie Probleme und Konflikte durch Schüler*innen wahrgenommen werden. Aus diesem Grund wäre es wichtig, als Lehrkraft die Vorstellungen der Schüler*innen zu kennen, um den Prozess des *conceptual change* bestmöglich als Moderator unterstützen zu können. Alles in allem gibt es drei verschiedene Teilbereiche, die für eine Konzeptveränderung relevant sind: verschiedene Klassenkontakte (z. B. Interaktionen zwischen Schüler*innen und der Lehrperson), kognitive und motivationale Vorstellungen. Um optimale Bedingungen für einen *conceptual change* zu schaffen, gibt es demnach verschiedene Bereiche, an welche eine Lehrkraft ansetzen kann. Dies ist allerdings nicht so einfach und beansprucht viel Zeit. Beispielsweise wird angenommen, dass die Motivation stark vom Kontext und der Situation abhängig ist (Pintrich et al. 1993). Entsprechend verfolgt jede*r Schüler*in unterschiedliche Interessen, die nur schwer durch eine Lehrperson, aufgrund einer Verankerung in der Persönlichkeitsstruktur, beeinflussbar sind. Eine Möglichkeit wäre das Erwecken von situationalem Interesse durch eine didaktisch initiierte Aufmerksamkeit der Schüler*innen zu Beginn des Unterrichts, hervorgerufen durch Alltagsbeispiele oder Auslösung von Gefühlen wie Staunen oder Überraschung (Vogt, 2007, S. 15; Pintrich et al., 1993). Das Herbeiführen von situationalem Interesse heißt aber nicht automatisch, dass es zu einer konzeptuellen Entwicklung kommt. Auch wenn es dadurch zu einer vermehrten Auseinandersetzung mit einem Themengebiet kommt, kann die Themenaufbereitung der Lehrperson der Konzeptveränderung entgegenarbeiten. Im Allgemeinen profitieren Schüler*innen von lebensnahen, authentischen und optimal fordernden Aufgaben, da sie das Verständnis erleichtern, was eine unabdingbare Bedingung für einen *conceptual change* darstellt. In der Realität werden jedoch vor allem Übungen gemacht, die Vervollständigungen oder eine richtige Antwort erfordern, anstatt Schüler*innen Problemlösungsprozessen auszusetzen (Pintrich et al., 1993).

Einen weiteren wichtigen Gesichtspunkt stellen Lernstrategien dar. Aufgrund verschiedener Überzeugungen hinsichtlich des Lernprozesses führt eine Lernstrategie bei Schüler*innen zu unterschiedlich ausgeprägter Motivation (Limón, 2001). Wenn Schüler*innen aber wissen, wie sie am besten lernen, sprich ob sie eher auditive, visuelle, kommunikative oder motorische Methoden präferieren,

verfügen sie über die notwendige kognitive Kontrolle und Motivation, um sich auf ihre Ziele zu fokussieren. Dies führt zu Durchhaltevermögen in schwierigen Situationen, anstatt gleich aufzugeben (Pintrich et al., 1993). Demzufolge können Lehrpersonen helfen, die optimalen Lernstrategien für jede*n zu finden, um eine Konzeptveränderung zu begünstigen.

Ferner sollen Lehrpersonen ihre Schüler*innen in den Problemlösungsprozessen unterstützen, um dem Ziel einer konzeptuellen Weiterentwicklung näher zu kommen. Wenn Schüler*innen diese Unterstützung nicht ermöglicht wird, kann nur schwer ein konzeptueller Konflikt erzeugt werden. Eine geläufige didaktische Methode, die als Hilfsmittel verwendet wird, ist das *scaffolding* (Pintrich et al., 1993; Limón, 2001). Darunter wird Folgendes verstanden: „*the temporary support provided for the completion of a task that learners otherwise might not be able to complete*“ (Van de Pol et al., 2010, S. 272). Ein Beispiel hierfür wäre, Fragen zur Verfügung zu stellen, welche helfen, Gedanken zu organisieren und durch Beantwortung in eine gewisse Richtung zu lenken, die den *conceptual change* begünstigen. Demnach wird nicht das Ziel verfolgt, Wissen wortwörtlich zu übergeben, sondern vielmehr Anregungen für das eigenständige Konstruieren von Vorstellungen zu geben (Van de Pol et al., 2010, S. 272). Auch projektbasiertes Lernen stellt sich als eine gute Methode für eine konzeptuelle Entwicklung heraus, da sich Schüler*innen ihres individuellen Lernprozesses bewusst werden, wodurch die intrinsische²⁰ Motivation stärker ausgeprägt wird (Pintrich et al., 1993).

Ein entscheidender Grund für die Schwierigkeiten der Anwendung der *Conceptual Change* Theorie in der Schule ist die Komplexität der Faktoren, die den Lernprozess beeinflussen. Neben der Wichtigkeit der Steigerung des Selbstvertrauens bezüglich der eigenständigen Lösung von Aufgaben stellt auch die Förderung metakognitiver und kognitiver Strategien einen fundamentalen Aspekt für Lehrpersonen dar (Limón, 2001). „*Metakognition meint hier, sich über die begrenzte Haltbarkeit des eigenen Wissens, dessen Hypothesencharakter und dessen Falsifizierbarkeit bewusst zu sein*“ (Krüger, 2007, S. 88). Besonders bezüglich der Plausibilität stellt die

²⁰ intrinsisch: von sich selbst aus bestimmt (Fussy & Steiner, 2009, S. 334)

Metakognition²¹ einen wichtigen Gesichtspunkt dar, da sie entscheidet, wie gut ein neues Konzept zum bereits vorhandenen passt (Krüger 2007, S. 90).

Wie bereits erwähnt, stellen auch affektive Faktoren, wie beispielsweise die Motivation, einen wichtigen Teilbereich des *conceptual change* Modells dar (Duit & Treagust, 2003), zumal sie bestimmen, ob und mit welchem Potenzial wir uns mit einem Thema auseinandersetzen (Pintrich et al., 1993). Laut Pintrich et al. (1993) sind im konzeptuellen Lernen der soziale Kontext im Unterricht und motivationale Einflüsse gleich wichtig wie kognitive Strategien. Außerdem beschreibt er die Motivation durch ein Zusammenspiel von drei verschiedenen Faktoren: 1. aus der Wahl der Aufgabe, 2. der Beteiligung an einer Aktivität und 3. der Bereitschaft, eine Tätigkeit weiterzuführen. Als Lehrperson kann man einen der wichtigsten Aspekte beeinflussen, nämlich die Auswahl der Aufgabe. Demnach können Schüler*innen nicht nur unterstützt werden, ihre Vorstellungen zu ergänzen oder ganz zu verändern, sondern auch motiviert werden Neues zu erlernen (Pintrich et al., 1993).

Abbildung 2 fasst die wichtigsten, bereits erwähnten Schritte eines Konzeptwechsels für Lehrkräfte zusammen. Auf alle Inhalte, außer auf einen - Schritt 5 - wurde bereits näher eingegangen. Der letzte Punkt stellt aber einen wichtigen Teilaспект des Lernprozesses dar. Denn ohne die Reflexion und Bewertung der neuen, gegenüber der alten Vorstellung, kann der Grund für die Konzeptweiterentwicklung nicht ersichtlich werden und folglich wieder auf alte Konzepte zurückgegriffen werden (Pintrich et al., 1993, S. 174).

²¹ Metakognition: Fähigkeit Einstellungen, Erinnerungen, Gedanken oder Entscheidungen zu reflektieren und zu bewerten (Stangl, 2023)

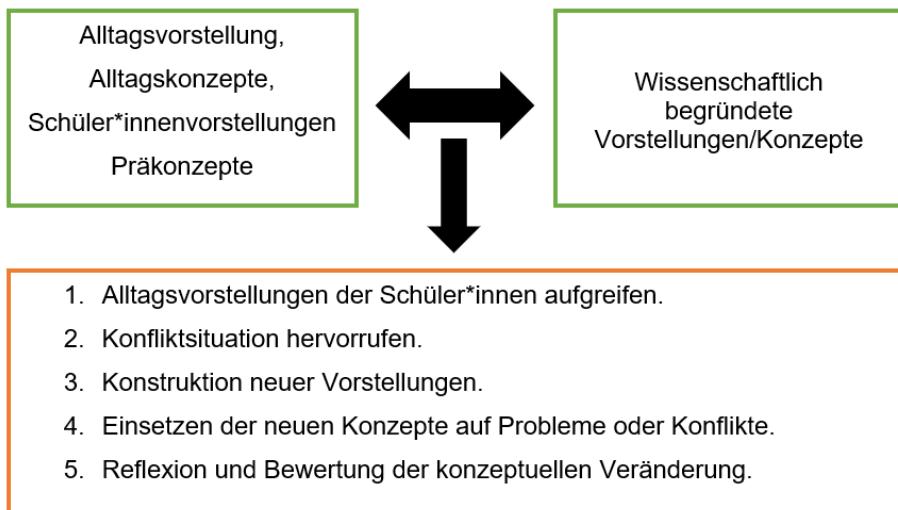


Abbildung 2: Fünf Schritte der konzeptuellen Entwicklung im Unterricht (eigene Darstellung)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es unmöglich ist, alle präsentierten Aspekte gleichzeitig zu beachten und zu fördern. Selbst wenn alle zuvor genannten Ratschläge befolgt werden, muss es nicht zu einem konzeptuellen Wechsel kommen. Zudem gibt es keine universelle Anleitung für Lehrpersonen, da die einzelnen Prozesse, die hinter einer konzeptuellen Entwicklung stehen, von hoher Komplexität geprägt sind (Limón, 2001). Schlussfolgernd wäre eine Fokussierung auf einen Teilbereich pro Unterrichtseinheit sinnvoll.

3.4.7. Zukunftsperspektiven

Alles in allem ist der konzeptuelle Konflikt von den individuellen Alltagsvorstellungen, kognitiven und affektiven Faktoren, der Lernumgebung, dem kulturellen Rahmen, der Lehr-Lernsituation und kognitiven Fähigkeiten abhängig. Deshalb sind die Schüler*innen großteils selbst für ihren Lernprozess verantwortlich. Lehrpersonen können nur die optimalen Rahmenbedingungen schaffen und die Schüler*innen bestmöglich in ihrem Lernprozess unterstützen (Hewson & Hewson, 1984; Pintrich et al., 1993). Um dies zu erreichen, soll das Lehrpersonal Unterstützung in der Lehre der Naturwissenschaften erhalten. Dazu zählen beispielsweise Lernstrategien und der Rückgriff auf verschiedene Ressourcen sowie Experimente. Im Allgemeinen sollen Strategien vermittelt werden, die das Interesse der Schüler*innen wecken, mit dem Ziel, das intrinsische Interesse und die aktive Beteiligung am Unterricht zu fördern. Die Voraussetzung für die Lehrkräfte ist dabei, die Fähigkeit der Reflexion zu

beherrschen. Das Modell des *conceptual change* soll dabei helfen, fachwissenschaftlich begründete Konzepte zu etablieren, um die naturwissenschaftliche Grundbildung, auch bekannt unter *scientific literacy*, zu fördern. Dieses Ziel verfolgt die Naturwissenschaftlich-Pädagogische-Forschung bereits seit den 1990ern (Pintrich et al., 1993). Im Hinblick auf die Zukunft wäre es vonnöten, die Ansichten der Lehrpersonen bezüglich der Bedeutsamkeit der *scientific literacy* zu stärken. Allerdings zeigen Studien, dass Unterrichtsstile und Ansichten nur schwer zu beeinflussen sind. Außerdem entspricht die Praxis nicht automatisch den Ansichten der Lehrkräfte, was ein weiteres Hindernis für die Etablierung des *conceptual change* Modells im Unterricht darstellt. Mögliche Zukunftsaussichten bieten Weiterbildungsprogramme und Vereinfachungen des Modells, um eine Anwendung in der alltäglichen Praxis zu ermöglichen (Duit & Treagust, 2003).

Dieser letzte Absatz dient der Zusammenfassung des Überkapitels 3.4. Hiermit soll verdeutlicht werden, dass Alltagsvorstellungen nicht per se als schlecht bezeichnet werden können. Sie sind in manchen alltäglichen Situationen angemessen und helfen außerdem dabei, natürliche Phänomene zu verstehen (Hopf et al., 2022, S. 34; Gropengießer & Marohn, 2018, S. 52f). Aus diesem Grund ist es wichtig, Schüler*innenvorstellungen nicht als Hindernisse, sondern als potenzielle Lernhilfen, anzusehen (Gropengießer, 2008, S. 18). Weiters muss berücksichtigt werden, dass widersprüchliche Unterrichtsmaterialien nicht automatisch zu einem konzeptuellen Konflikt führen. Der Lernprozess besteht aus einem Zusammenspiel vieler verschiedener Faktoren, wozu auch motivationale Aspekte gehören (Limón, 2001). Folgende vier Faktoren sind für einen konzeptuellen Wechsel essenziell: 1. eine hohe persönliche Relevanz des Themengebietes für den*die Lernende, 2. ausreichend Vorwissen, 3. hinreichende kognitive Fähigkeiten und 4. verständliches Lernmaterial (Dole & Sinatra, 1998). Grundsätzlich sollten Konzepte im Unterricht so klar wie möglich, anhand lebensnaher Beispiele erklärt werden und Unterstützungen im Prozess der Konfliktlösung bereitgestellt werden. Aufgrund zahlreicher Kritiken an der Theorie des *Conceptual Change* und der Existenz unbeantworteter Fragen müssen diesbezüglich weiterhin Untersuchungen durchgeführt werden, um herauszufinden, welche Faktoren konzeptionellen Änderungen Grenzen setzen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Inhalte des Kapitels 3.4.: Alltagsvorstellungen verändern – Conceptual Change

Erhebung von Schüler*innenvorstellungen	Test, Mindmap, Concept Cartoon, Zeichnung/Skizze, Kartenabfrage
Bedingungen nach Posner et al. (1982)	Unzufriedenheit, Verständlichkeit, Plausibilität, Fruchtbarkeit emotionaler und kognitiver Filter
affektive Faktoren	Ziele, Werte, Selbstwirksamkeits- und Kontrollüberzeugungen, Vertrauen
Kritikpunkte	<ul style="list-style-type: none"> - keine eindeutige Definition für <i>conceptual change</i> - kein radikaler Konzepttausch, sondern Prozess der Restrukturierung der vorhandenen Vorstellungen - affektive Faktoren werden häufig nicht beachtet
Empfehlungen an das Lehrpersonal	<ul style="list-style-type: none"> - Alltagsvorstellungen der Schüler*innen erheben - Integration bei zwei miteinander vereinbaren Vorstellungen - Austausch bei Existenz zweier stark unterschiedlicher Konzepte - Differenzierung, wenn zwei Vorstellungen verbunden sind - Verwendung von ungewöhnlichen Informationen und Analogien - kooperatives Lernen anhand von Diskussionen fördern - Förderung kognitiver und metakognitiver Strategien - Erwecken von situationalem Interesse durch eine didaktisch initiierte Aufmerksamkeit - Erstellung lebensnaher, authentischer und optimal fordernder Aufgaben - Unterstützung beim Problemlösungsprozess (z.B. <i>scaffolding</i>) - verschiedene Lernstrategien lehren und ausprobieren
Zukunftsperspektiven	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung des Lehrpersonals in der Lehre der Naturwissenschaften - <i>scientific literacy</i> fördern - Weiterbildungsprogramme für Lehrpersonen - Vereinfachungen des <i>conceptual change</i> Modells - Einstellung schaffen: Alltagsvorstellungen stellen keine Hindernisse dar, sondern potenzielle Lernhilfen

4. Alltagsvorstellungen von Schüler*innen zur Evolutionstheorie

Dieses Kapitel beleuchtet gängige Alltagsvorstellungen zur Evolutionstheorie, die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen. Diese theoretischen Konstrukte wurden im erstellten Fragebogen aufgegriffen und untersucht. Prinzipiell unterscheiden sich Präkonzepte nicht willkürlich, sondern man kann wiederkehrende Muster erkennen, welche eine systematische Einordnung ermöglichen (Beniermann, 2019, S. 56). Diese Muster werden Denkfiguren genannt. Sie bezeichnen Gemeinsamkeiten des menschlichen

Denkens aus dem Alltagshandeln heraus, weshalb sie als anthropomorph²² bezeichnet werden (Kattmann, 2016, S. 14).

Im Allgemeinen sind in Europa die Schüler*innenvorstellungen zur Evolution nicht gut untersucht. Außerdem wurde bei den bisherigen Befragungen nicht auf einheitliche Messinstrumente zurückgegriffen. Aufgrund dessen können Unterschiede in den Ergebnissen und Analysen resultieren, was Vergleiche zwischen Studien schwierig macht (Kuschmierz et al., 2022, S. 13, 18). Auf Basis verschiedener Publikationen wurden die fünf relevantesten und häufigsten Präkonzepte herausgefiltert. Sie werden nun aufgelistet und näher erklärt. Die folgenden Denkfiguren stellen laut Kattmann (2016, S. 14) nicht nur die Grundzüge der Alltagsvorstellungen der Schüler*innen dar, sondern auch die der Erwachsenen. Eine der ausgewählten Vorstellungen ist der Lamarckismus. Dieser Begriff ist in der biologiedidaktischen Forschung breit verankert und soll daher auch in dieser Arbeit Verwendung finden und näher beleuchtet werden.

Brennecke (2014) gelangt in ihrer Dissertation zu dem Schluss, dass auf alle in diesem Kapitel präsentierten Alltagsvorstellungen von Schüler*innen zurückgegriffen wird, um Prozesse der evolutionären Anpassung zu erklären. Jedoch stellte sich heraus, dass Präkonzepte nicht konstant Verwendung fanden. Häufig kam es zu einer Vermischung verschiedener Denkweisen, darunter auch wissenschaftlich begründeter. Angesichts dessen entsprechen Schüler*innenvorstellungen nicht immer nur einer bestimmten Denkweise, sondern können eine Mischung verschiedener darstellen. Dies ist auf die unterschiedlichen Erfahrungen und Vorkenntnisse jedes/r Einzelne/n zurückzuführen.

4.1. Theistische/Kreationistische Denkweise

Wenn aus religiösen Gründen eine Nichtakzeptanz oder eine Zurückweisung der Evolutionstheorie vorliegt, dann wird die resultierende Denkweise Kreationismus genannt. Grundsätzlich beruht die Weltsicht der Kreationist*innen auf den heiligen Schriften der abrahamitischen Religionen (Beniermann, 2019, S. 2, 41). Der Begriff Theismus leitet sich vom griechischen Wort *theos* für Gott ab. Eine auf die Evolution

²²[engl. anthropomorphic; gr. ἄνθρωπος (*anthropos*) Mensch, μορφή (*morphe*) Gestalt], nach dem Menschen gestaltet, dem Menschen fassbar gemacht, damit zumeist aber auch vermenschlicht. (Wirtz, o.J.)

bezogen theistische Denkweise drückt jegliche Art von Gottesglauben aus, welcher häufig in Verbindung mit der Schöpfungsgeschichte der Erde steht (Kirchner & Michaëlis, 1907, S. 627). Vergleicht man nun beide Begriffserklärungen, so wird die gleiche inhaltliche Bedeutung ersichtlich. Aus diesem Grund werden die theistische als auch die kreationistische Vorstellung in dieser Arbeit als Synonyme verwendet.

Zusammenfassend besagt die theistische Denkweise, dass alle heute lebenden Menschen, Lebewesen und das ganze Universum von einem Gott erschaffen wurden und seither keine Veränderungen stattgefunden haben. Kreationist*innen glauben nicht an die Existenz der Evolution. Deshalb verstehen sie auch nicht, weshalb eine Theorie zur Erklärung des Phänomens voneinander ist. Gemäß Beniermann (2019, S. 14) muss folglich „*für eine Ablehnung des Phänomens Evolution [...] die Evolutionstheorie nicht einmal bekannt sein, sodass hier nicht die Evolutionstheorie, sondern die Evolution abgelehnt wird*“. Umgekehrt kann die Evolution akzeptiert werden, die Evolutionstheorie jedoch nicht. Diese Beispiele geben die Antwort auf die in Kapitel 3.1. gestellte Frage zur Bedeutsamkeit der Unterscheidung der Termini Evolution und Evolutionstheorie.

Es gibt zwei verschiedene Arten von Anhänger*innen des Kreationismus. Die einen akzeptieren das wissenschaftliche Alter der Erde (4,6 Milliarden Jahre) und gehören deshalb dem Langzeit-Kreationismus an. Sie lehnen aber eine Weiterentwicklung der Organismen ab. Die anderen gehen von einer weniger als 10.000 Jahre alten Erde aus, die binnen sechs Tagen erschaffen wurde. Diese Menschen werden dem Kurzeit-Kreationismus zugewiesen. Beide Ansichten lehnen die Evolution ab (Beniermann, 2019, S. 41). Aus diesem Grund ist es wichtig, dass Lehrkräfte den Glauben und die Kultur der Schüler*innen im Unterricht bewusst aufgreifen und sensibel damit umgehen. Nicht nur kulturelles Wissen ist für Lehrpersonen fundamental, sondern auch Fachwissen, denn häufig liegen falsche Vorstellungen der Schüler*innen auch an dem fehlenden Wissen der Unterrichtenden. Im Allgemeinen gibt es sehr unterschiedliche Meinungen zur Frage nach der Verbindung von Religion und den Naturwissenschaften. Deshalb stellt es ein kontrovers diskutiertes Thema dar (Alanazi, 2021). Untersuchungen von Alanazi (2021) weisen nach, dass sich die Behandlung beider Aspekte im Unterricht positiv auf das Erlernen der Evolutionstheorie auswirken kann.

In den USA ist der Kreationismus weit verbreitet. Vier von zehn Amerikaner*innen gehören den Kurzzeit-Kreationist*innen an und glauben, dass alle aktuell lebenden Organismen genau in der gleichen Form erschaffen wurden, wie man sie gegenwärtig vorfindet. Im Jahre 1925 fand der berühmte Scopes-Prozess statt. Der Lehrer John Scopes wurde vor Gericht verurteilt, weil er an einer Schule Darwins Evolutionstheorie gelehrt hatte. Von diesem Zeitpunkt an war es in den US-Staaten verboten, an öffentlichen Schulen und Universitäten Inhalte zu lehren, die der biblischen Schöpfungsgeschichte widersprechen. Seit dem Scopes-Prozess verlor der Kreationismus langsam die Macht in den Klassenzimmern, was mit den wissenschaftlichen Fortschritten einherging. 1995 plädierte ein Kreationist sowohl für die Lehre der Evolution als auch die des Kreationismus an Schulen und Universitäten. Dementsprechend hat sich die Situation bis heute insgesamt verbessert, jedoch gibt es noch immer viele Vertreter des Kreationismus in Amerika (Laats, 2021). Auch in Österreich ist die kreationistische Denkweise verbreitet. Im Rahmen einer Studie befragte Eder et al. (2011) über 2000 Schüler*innen in Wien mit dem Resultat, dass 28 % der Teilnehmenden theistische Sichtweisen bezüglich der Evolution vertreten. Zudem fand Miller et al. (2006) heraus, dass der Kreationismus ebenfalls in muslimischen Ländern weit verbreitet ist, wie zum Beispiel in Indonesien, Pakistan und Ägypten. Auch Charles Darwin glaubte vor seiner Weltreise an die Inhalte der Bibel zur Entstehung der Welt, welche er in seinem Alltag zitierte. Erst durch seine gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisse stieß er auf immer mehr Widersprüche mit dem Glauben des Christentums, bis er schlussendlich alle Aussagen der Bibel ablehnte (Mayr, 1991, S. 13f).

Kattmann (2017, S. 201) widmete sich ebenfalls der Untersuchung religiöser Ansichten zur Evolution an einer Schule in Oldenburg, Deutschland. Zur Abfrage der Alltagsvorstellungen führte er eine Kartenabfrage durch mit dem Satzanfang „Unter Evolution verstehe ich ...“. Ein Drittel der Schüler*innen stellte religiöse Überlegungen an.

Im Weiteren folgen zwei verschiedene Antworten der Schüler*innen, die im Zuge der Kartenabfrage von Kattmann (2017, S. 201) verfasst wurden:

Schüler*in A: „Unter Evolution verstehe ich: die Lehre von der Entwicklung der Erde. Aus Affen wurden mit der Zeit Menschen. Die Erde hat sich allmählich entwickelt und wurde nicht von Gott geschaffen. – Ich glaube aber an einen Gott, der die Tiere, die Pflanzen und die ersten Menschen geschaffen hat und sie danach auf die Erde gesetzt hat!“

Schüler*in B: „Unter Evolution verstehe ich, wie wir, die Menschen, abstammen. Manche sagen aber auch, dass Gott die ersten Menschen, Adam und Eva, geschaffen hat. – Das mit Gott glaube ich nicht so ganz.“

Beide Formulierungen zeigen, dass die Evolution und die Schöpfung als unvereinbar und konkurrierend angesehen werden. Zudem versucht Schüler*in A die Widersprüchlichkeit durch eine persönliche Konstruktion aufzuheben (Kattmann, 2017, S. 201).

Die naturwissenschaftliche Bildung steht in einem antagonistischen²³ Verhältnis zu jeglicher Form übernatürlichen Glaubens (Eder et al., 2011). Dies stellt einen wesentlichen Grund für die Schwierigkeit der Lehre der Evolution in Schulen dar. Auch aufgrund der Verursachung von Krisen oder Ängsten, die beim Evolutionsunterricht hervorgerufen werden können, stellt das Themengebiet für alle Beteiligten, Schüler*innen und Lehrpersonen, eine Herausforderung dar. Einerseits kann die religiöse Sichtweise der wissenschaftlichen widersprechen, andererseits können sie miteinander vereinbar sein (Beniermann, 2019, S. 3, 39f). Dieser Dualismus²⁴ beschreibt die Komplexität der Gegenüberstellung von Religion und Naturwissenschaft. Eine kontrovers diskutierte Frage in der naturwissenschaftlichen Bildung ist, ob die Akzeptanz der Evolution einen Einfluss auf die Leistung von Schüler*innen und Student*innen hat. Aus Studien (Ingram & Nelson, 2005; Berlin & Kisida, 2015) resultierten unterschiedliche Ergebnisse, weshalb keine eindeutige Antwort auf die Frage gegeben werden kann. Sinatra et al. (2003) kam zu dem Schluss, dass religiöse Motive mit dem Verständnis der Evolutionstheorie weder positiv noch negativ korrelieren. Demnach ist er der Meinung, dass die Akzeptanz der Evolution keine entscheidende Rolle für den Lernerfolg spielt. Faktoren wie

²³ antagonistisch: gegensätzlich (Fussy & Steiner, 2009, S. 55)

²⁴ Dualismus: Lehre der Existenz zweier zusammengehörender Größen (Fussy & Steiner, 2009, S. 169)

unzureichende Fähigkeiten der Reflexion oder fehlendes Verständnis inhaltlicher Teilbereiche stellen mögliche Gründe für die Ablehnung der Evolution dar. Ein allgemeines Problem stellt die Einstellung dar, dass nur die Disziplin der Naturwissenschaften die Welt erklären kann. Allerdings ist es vertretbar, persönliche religiöse Überzeugungen zu haben, eine Gleichsetzung deren mit der Wissenschaft jedoch nicht. Ob die Naturwissenschaften und die Religion ein Widerspruch sind, hängt von verschiedenen Sichtweisen ab, auf die in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird (Kattmann 2017, S. 202f).

4.2. Finalismus/Teleologische Denkweise

Wenn von einer Anpassung durch einen zielgerichteten Prozess mit dem Ziel, einen bestimmten Zweck zu erfüllen, ausgegangen wird, spricht man von einer teleologischen Denkweise. Auch der Finalismus ist zweckgerichtet. Er besagt, dass sich neue Merkmale nicht willkürlich, sondern zielgerichtet entwickeln, um bestimmte erwünschte Funktionen auszubilden (Johannsen & Krüger, 2005). Es wird von einer Notwendigkeit einer Veränderung aufgrund neuer Umweltbedingungen oder eigener Ziele ausgegangen. Diese Anpassung kann durch eine höhere Instanz, entweder durch die Natur im Allgemeinen oder durch eine Gottheit gesteuert werden. Kattmann (2016, S. 13) unterscheidet zwei verschiedene Formen des Finalismus. Einerseits existiert die Vorstellung, dass Organismen zielgerichtet handeln, andererseits wird der Evolution oder der Natur diese Fähigkeit zugeschrieben.

Sowohl finalistische als auch teleologische Vorstellungen zeichnen sich durch den Glauben an zweckgerichtete Handlungen von Lebewesen aus. Beide Male wird als Grund dieser Anpassungsprozesse das Anstreben eines bestimmten Ziels angenommen. Deshalb wird in der vorliegenden Arbeit zwischen diesen beiden Präkonzepte nicht unterschieden, sondern sie werden als Synonyme verwendet. Die Begründung der Anpassung durch einen Zweck ist aus naturwissenschaftlicher Perspektive gar nicht so falsch. Man bedenke, dass Veränderungen durch zufällige Mutationen und nachfolgende Selektion durchaus sinnvoll für die Organismen sind, wenn daraus nutzbringende Faktoren resultieren. Nichtsdestotrotz folgen aus der teleologischen Denkweise das Vergessen des wichtigen Aspekts der Zufälligkeit und die falsche Annahme, dass die zielgerichtete Entwicklung einen definierten Start und

Zielpunkt hat. Diese zwei inkorrekt Denkweisen erschweren das Verständnis der Evolutionstheorie erheblich (Beniermann, 2019, S. 56).

Johannsen und Krüger (2005) kommen in ihrer qualitativen Studie über Schüler*innenvorstellungen in Berlin zu dem Ergebnis, dass 50 % der Schüler*innen finalistische Vorstellungen zur Entstehung karnivorer Pflanzen haben. Dies verdeutlicht, wie häufig teleologische Denkweisen unter Schüler*innen präsent sind. Auch Baalmann et al. (2004) entschied sich Schüler*innen zur Evolution zu befragen, aber ohne auf die bereits bekannten Alltagskonzepte näher einzugehen. Er erstellte gemäß den Erklärungen der Schüler*innen eigene Denkfiguren. Insgesamt konnte er die Äußerungen in drei Kategorien zusammenfassen. Eine davon, die dem Finalismus sehr ähnelt, wurden von Baalmann als gezieltes adaptives Handeln von Individuen bezeichnet. Wie bei Johannsen und Krüger (2005) zeigten auch die Ergebnisse von Baalmann ein häufiges Vorkommen der teleologischen Vorstellung. Zu der erwähnten Denkfigur von Baalmann gehört auch die automatische Anpassung, die von Schüler*innen häufig angenommen wird. Auch bei der Befragung von Brennecke (2014) erklärten Schüler*innen, dass Anpassungsprozesse automatisch geschehen. Diese Denkfigur der automatischen Anpassung kann ebenfalls das Verständnis des wichtigen Faktors der Zufälligkeit in der Evolution im Unterricht erschweren (Beniermann, 2019, S. 59). Aufgrund des häufigen Vorkommens dieser Denkweise wurde sie auch in den Fragebogen dieser Arbeit eingebaut. Ein Beispiel dazu kann man der Aussage des*der Schüler*in A entnehmen. Schüler*in B erklärt den Prozess der Anpassung durch eine zielgerichtete Kreuzung von Individuen und Schüler*in C spricht von der Notwendigkeit einer Veränderung angesichts neuer Umweltbedingungen (Baalmann et al., 2004).

Schüler*in A (Schulstufe 11): „Wenn es jetzt z. B. bei einer Kältezeit ganz langsam immer kälter wird, merkt der Körper des Tieres langsam irgendwie, dass er besser mit seiner Energie und seiner Wärme haushalten muss. Und dann kommt es irgendwie **automatisch** dazu, dass er mehr Fell produziert über die Jahre.“

Schüler*in B (Schulstufe 12): „Wenn man sieht, dass sich ein heller und ein dunkler Falter miteinander paaren, kann man sich natürlich vorstellen, dass auf diese Weise unterschiedliche Farbgebungen entstanden sind: Durch Kreuzung unterschiedlicher Rassen miteinander entsteht eine unterschiedliche (andere) Färbung. Wahrscheinlich haben die Falter, **um zu überleben, selbst ausprobiert**, wie sie sich paaren müssen, damit die richtige Farbe entsteht“.

Schüler*in C (Schulstufe 12): „Der lange Hals der Giraffen ist entstanden durch die **Notwendigkeit**, gewisse Blätter zu fressen, die wohl nur in der Höhe zu finden sind“ (Baalmann, et al., 2004).

Diese Beispiele repräsentieren verschiedene Ausprägungen des Finalismus, welche auf individuelle Erfahrungen und Lebensweisen beruhen (Duit & Treagust, 2003).

4.3. Lamarckistische Denkweise

„In every animal that has not reached the end of its development, the more frequent and sustained use of any organ will strengthen this organ little by little, develop it, enlarge it, and give to it a power proportionate to the duration of its use; while the constant disuse of such an organ will insensibly weaken it, deteriorate it, progressively diminish its faculties, and finally cause it to disappear.“ (Lamarck, 1914, S. 113)

Diese Theorie wurde von Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet de Lamarck (1744 - 1829) formuliert. Er ging von einer Veränderung der Morphologie von Organen aus, die sich durch deren Gebrauch oder Nichtgebrauch entwickelt. Der Nichtgebrauch von Organen führt zur Rückbildung, während der Gebrauch in deren Vergrößerung resultiert (Johannsen & Krüger, 2005). Außerdem können laut Lamarck diese erworbenen oder modifizierten morphologischen Eigenschaften oder auch Merkmale an die nächste Generation weitergegeben werden (Beniermann, 2019, S. 57). Auf diese zwei Theorien stützte er sich damals, wenn er erklärte, dass noch kein Lebewesen jemals ausgestorben ist. Im Allgemeinen nahm Lamarck die Evolution als einen vertikalen Prozess in nur einer Dimension, nämlich der Zeit, wahr (Mayr, 1991, S. 16f). Zudem entwickelte Lamarck den Ansatz, dass Evolution mit

zunehmender Komplexität einhergeht (Hodgson & Knudsen, 2006). Das heißt, laut Lamarck gab es zuerst nur einzellige Lebewesen, die immer komplexer wurden, bis die Säugetiere und die Menschen als höchste Entwicklungsstufe entstanden. Die Veränderungen erfolgen mit dem Ziel, perfekt an die Umwelt angepasst zu sein (Mayr, 1991, S. 17). Auch heute ist dieses Präkonzept noch unter den Schüler*innen verbreitet (Brennecke, 2014, S. 55). Ein sehr bekanntes Beispiel des Lamarckismus stellt die Evolution der langen Hälse von Giraffen, entstanden durch deren vermehrte Beanspruchung, dar (Johannsen & Krüger, 2005). Warum diese phänotypische Vererbung nicht möglich ist, wird nun genauer erklärt.

Nach der Publikation von Lamarcks Ideen zur Evolutionstheorie setzten sich einige Personen genauer mit seinen Überlegungen auseinander. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Halslänge der Giraffen nur in ganz bestimmten Gegenden verändert hatte. Es handelte sich dabei um Umgebungen, in welchen Giraffen auf den Nahrungserwerb von Blättern auf hohen Bäumen angewiesen waren. Auch Evolutionsbiologen setzten sich mit der Vererbung phänotypischer Merkmale aufgrund aufkommender Zweifel an der Theorie von Lamarck auseinander. Sie stellten sich die Frage, warum manche erworbenen Eigenschaften oder Merkmale weitervererbt werden und andere nicht. Bezuglich der Giraffe bedeutet dies, dass man sich fragte, warum der längere Hals der Eltern an die nächste Generation weitergegeben wird, aber nicht deren Krankheiten oder typische Alterserscheinungen. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen wurde die Hypothese aufgestellt, dass es einen Mechanismus gibt, der verhindert, dass alle erworbenen Merkmale oder Eigenschaften vererbt werden. Dabei stellte sich die Wichtigkeit der Unterscheidung zwischen Genotyp und Phänotyp heraus (Hodgson & Knudsen, 2006).

Damit es zu einer Veränderung von Organen kommen kann, muss dahinter ein Mechanismus existieren, der vererbt wird. Dieser muss einen Gebrauch oder Nichtgebrauch sowohl erkennen als auch entsprechend darauf reagieren. Da der Mechanismus an die Nachkommen weitergegeben wird, muss es sich dabei um ein Resultat des Genotyps handeln. Folgender Satz fasst die Bedeutung des Genotyps gut zusammen: *“The genotype carries the accumulated wisdom of past generations, in many environments”* (Hodgson & Knudsen, 2006). Während der Genotyp die genetischen Informationen enthält, beschreibt der Phänotyp das äußere

Erscheinungsbild und Verhalten, das durch Wechselwirkung des Genotyps mit der Umwelt zustande kommt (Stangl, 2022). Damit Giraffen nicht schon als Neugeborene so lange Hälse wie ihre Eltern haben, muss die Neigung, einen längeren Hals zu bekommen, in den Genen codiert sein. Somit kommt das phänotypische Merkmal durch die Weitergabe eines Genotyps zustande. Auch Verhaltensdispositionen haben ihren Ursprung in der DNA (Hodgson & Knudsen, 2006).

Im Bereich der Epigenetik²⁵ hat man bezüglich der Vererbung von phänotypischen Merkmalen viele Forschungen durchgeführt. Erstmals wurde sie an Experimenten mit Mäusen bewiesen (Roemer et al., 1997). Demnach stellte sich die zuvor präsentierte Annahme von Lamarck, erworbene Merkmale an die nächste Generation weiterzugeben, als teilweise richtig heraus. Epigenetische Modifikationen der DNA entstehen durch chemische Veränderungen. Die Primärsequenz der DNA bleibt dabei gleich, beinhaltet aber auch Informationen, die weitervererbt werden können (Feng et al., 2010). Chen et al. (2016) erwähnen in ihrer Publikation, dass bestimmte epigenetische Vererbungen stattfinden können. Zum Beispiel wurden bei Nachkommen verschiedener Tierarten bestimmte Merkmale des Vaters, die das Resultat des Kontaktes mit giftigen Stoffen, Ernährungsänderungen oder auch psychischem Stress sein können. Dies ist ein Indiz dafür, dass epigenetische Keimbahnvererbungen stattfinden können. Dies kann zum Beispiel über Spermien erfolgen. Eine mögliche Erklärung für den Erhalt epigenetischer Informationen während der Versetzung primordialer Keimzellen in ihren naiven Zustand ist der Erhalt der veränderten DNA-Methylierungsmuster. Wenn diese Methylierungsmuster²⁶ zwei epigenetische Reprogrammierungen ohne Veränderungen überstehen, dann können sie an die Nachkommen weitergegeben werden.

Die analysierten Daten der Studie von Johannsen & Krüger (2005) zeigten, dass fast drei Viertel der 306 befragten Schüler*innen in Berlin der lamarckistischen Denkweise zustimmen. Eine andere quantitative Studie, durchgeführt an einer Universität in den USA von Wescott & Cunningham (2005), kam zu dem Ergebnis,

²⁵ Epigenetik: *dauerhafte Veränderungen von Genaktivitäten, die über Generationen von Organismen hinweg aufrechterhalten werden, ohne dass die DNA-Sequenz selbst verändert wird* (Graw, 2020, S. 7)

²⁶ Methylierung: regulatorischer Prozess welcher die Aktivität von Genen steuert (Gressner & Arndt, 2013, S. 237)

dass nur sehr wenige Student*innen an die Vererbung erworbener Eigenschaften oder morphologischer Merkmale glauben. Aus diesen Publikationen leitet sich die Frage ab, ob die unterschiedlichen Ergebnisse auf dem Alter der Befragten beruhen oder dem Untersuchungsland. Außerdem wäre ein Vergleichswert mit Österreich interessant. Aufgrund dieser Überlegungen ist auch der Lamarckismus Teil der Befragung in der vorliegenden Arbeit.

4.4. Anthropomorphe Denkweise

Man spricht von einer anthropomorphen Denkweise, wenn Tieren, Pflanzen oder im Allgemeinen der Natur menschliche Eigenschaften zugeschrieben werden. Diese genannten Beispiele stellen drei verschiedenen Ausprägungen des Anthropomorphismus dar. Als Ursache für Veränderungen von Pflanzen oder Tieren werden aktive und selbstgesteuerte Prozesse, die ziel- oder zweckgerichtet sind, angenommen (Johannsen & Krüger, 2005). Die Voraussetzung, die für die zielgerichteten Handlungen vonnöten ist, ist die bewusste Wahrnehmung der nicht perfekten Angepasstheit an die Umwelt vonseiten der Lebewesen. Mögliche Folgen dieser Intentionalität im Biologieunterricht sind erschwerte Bedingungen, die natürliche Selektion zu verstehen und zu akzeptieren. Beispielsweise kann der Glauben der Schüler*innen an die Fähigkeit der Natur in die Zukunft zu planen, dem Verständnis der natürlichen Selektion im Wege stehen (Fenner, 2013). Sowohl die anthropomorphe als auch die teleologische Denkweise sind auch häufig bei Kindern zu finden. Diese Vorstellungen sind das Resultat ihrer Vorerfahrungen, welche sich vor allem auf zweckgerichtetes und zielgerichtetes Verhalten beschränken (Kelemen & Rosset, 2009).

“Plants breathe in carbon dioxide and oxygen out – I know, I should not say, ‘breathe’, but this way I can remember it better” (Kattmann, 2008, S. 1). Diese Aussage einer zwanzigjährigen Studentin wird dem metaphorischen Anthropomorphismus zugeordnet. Genauer genommen drückt dies aus, dass zwischen Prozessen von Menschen und Pflanzen im Allgemeinen unterschieden wird, jedoch angesichts des einfacheren Verständnisses Pflanzen häufig vermenschlicht werden. Diese Art des Anthropomorphismus wird durch unsere Fantasie gebildet, um nicht sichtbare Prozesse besser zu verstehen. Aufgrund der

Erkenntnis der Studentin, dass man das normalerweise nicht so sagen sollte, stellt dieses Beispiel des metaphorischen Anthropomorphismus kein Problem für den Biologieunterricht dar. Es gibt jedoch auch andere Situationen, in welchen diese Einsicht nicht eintritt und es deshalb zu Missinterpretationen biologischer Prozesse kommen kann. Im Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde muss die Lehrperson folglich zwischen metaphorischen und nicht metaphorischen Anthropomorphismen unterscheiden können. Die metaphorische Sichtweise hat nicht nur Nachteile, sondern sie kann sich auch als vorteilhaft im Unterricht erweisen. Zum Beispiel kann hierdurch der Blickwinkel auf Pflanzen als Lebewesen gerichtet und demzufolge das allgemeine Interesse an Pflanzen gesteigert werden (Kattmann, 2008).

4.5. Evolutionstheorie nach Charles Darwin

Charles Robert Darwin untersuchte während seiner Weltreise nicht nur die Geologie Südamerikas, sondern er beobachtete auch das Vorkommen verschiedener Pflanzen und Tiere. Im Jahre 1842 wurden seine Beobachtungen zur Verbreitung der Korallenriffe und deren Aufbau veröffentlicht. Darin teilte er mit, warum in manchen Bereichen des Meeres, obwohl geeignete physikalische Bedingungen herrschen, keine Korallenriffe wachsen. Dies hat einerseits mit den Fressfeinden zu tun, andererseits mit der verfügbaren Nahrung, die die Polypen zum Überleben benötigen (Keller, 1882, S. 422). Diese Informationen zeigten bereits die Bedeutsamkeit der überlebenswichtigen Faktoren der Konkurrenz um Platz und Nahrung.

Eine sehr wichtige Erkenntnis von Charles Darwin, die einen wesentlichen Teil zur wissenschaftlichen Revolution beitrug, war, dass jedes Lebewesen von einem gemeinsamen Vorfahren abstammt und nicht individuell erschaffen wird. Damit ersetzte er das vorhandene Weltbild einer perfekt entworfenen Welt mit dem Ansatz, sie sei nur ein Resultat des Kampfes ums Überleben (Mayr, 1991, S. 1). Im Allgemeinen beruht die Evolutionstheorie Darwins auf nur fünf zentralen Ideen. Zuallererst ist hervorzuheben, dass die Erde bereits vor einer sehr, sehr langen Zeit entstanden ist und dass die Organismen, wie wir sie heute kennen, einen langen Prozess evolutionärer Entwicklungen hinter sich haben (Fleisher, 2006, S. 23). Angesichts dessen ist die Erde das Resultat von Prozessen der Veränderung und Adaption. Das bedeutet nicht automatisch, dass die Entwicklung in Richtung

Perfektion abläuft, im Gegenteil, Veränderungen enden nie in einer Perfektion. Erst durch die gestellte Frage von Charles Lyell nach dem Ursprung der Entstehung von Arten setzte sich Charles Darwin näher mit diesem Themengebiet auseinander und entdeckte so die allopatrische Artbildung²⁷ an den Spottdrosseln der Galapagosinseln. Die Ursache für die Entstehung neuer Arten sind demnach die geografischen Barrieren und graduellen genetischen Veränderungen (Mayr, 1991, S. 2, 17f).

Eine weitere Erkenntnis Darwins ist einerseits die Ähnlichkeit der Nachkommen mit ihren Eltern, andererseits die Einzigartigkeit jedes einzelnen Individuums. Zudem formulierte er die natürliche Selektion als den entscheidenden richtungsgebenden Evolutionsfaktor. Der Mechanismus beschreibt, dass jedes Individuum in einem Lebensraum mit limitierten Ressourcen lebt. Demnach hilft jedes vorteilhafte Merkmal dabei zu überleben und sich fortzupflanzen. Diese bestimmten Fortpflanzungsvorteile werden als Fitness bezeichnet. In Anbetracht dessen beschreibt das Konzept der natürlichen Selektion, dass all jene Organismen, die vorteilhafte Merkmale besitzen, mit größerer Wahrscheinlichkeit überleben (Fleisher, 2006, S. 22f).

In der Alltagssprache wird der Begriff Anpassung häufig sowohl mit dem Vorgang der Anpassung als auch mit dem Zustand der Angepasstheit assoziiert. In der Fachsprache der Biologie ist es wichtig, diese zwei Aspekte zu unterscheiden, um gewisse biologische Prozesse der Evolution richtig zu verstehen. Zuerst erfolgt die stammesgeschichtliche Anpassung an die Umweltbedingungen und erst dann ist etwas angepasst. Die Selektion ist der entscheidende Faktor, der für die Anpassung und die Angepasstheit zuständig ist. In Präkonzepten wird oftmals nicht die Selektion als Grund für diese Veränderungen angesehen, sondern das aktive Handeln von Individuen. Demzufolge tendieren viele Schüler*innen die Evolutionstheorie auf Individuenebene zu betrachten anstatt auf Populationsebene (Kattmann, 2016, S. 35f, 42f). Dies wurde auch aus den Ergebnissen der qualitativen Studie von Brennecke (2014, S. 51) ersichtlich. Genauer genommen ruft Selektion keine Veränderung hervor, sondern sie bestimmt den Erfolg der Fortpflanzung. Dies bedeutet, dass erst die Nachkommen der Individuen, die der Selektion ausgesetzt

²⁷ allopatrische Artbildung: tritt ein, wenn das Verbreitungsgebiet einer Art durch äußere Prozesse wie Gebirgsbildung in zwei oder mehrere Teile aufgespaltet wird (Zrzavý et al., 2013, S. 359)

waren, angepasst sind. Angesichts dieser Tatsache sind Organismen eigentlich an ihre Vorfahren angepasst und nicht an ihre Umgebung. Dieser Zustand der Angepasstheit bleibt nur so lange erhalten, bis sich die Umweltbedingungen der nächsten Generationen wieder verändern. Aus diesem Grund ist es wichtig zu verdeutlichen, dass die Selektion nie abgeschlossen ist, sondern einen kontinuierlichen Prozess darstellt (Kattmann, 2016, S. 43). Zusammenfassend kann man die Bedeutung der Selektion gemäß Kattmann (2016, S. 42) folgendermaßen definieren: „*Selektion besteht nicht in der Einwirkung von Umweltfaktoren auf den Organismus, sondern sie ist das Ergebnis der Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt*“. Diese kleinen Bedeutungsunterschiede stellen einen Aspekt der Evolutionsbiologie dar, der zu Verständnisschwierigkeiten im Unterricht führen kann.

5. Forschungsfragen und Hypothesen

Die vorliegende Arbeit setzt sich genauer mit den Alltagsvorstellungen der Schüler*innen zur Evolutionstheorie auseinander. Im Allgemeinen sollen die vorhandenen Präkonzepte in der Sekundarstufe 1 und 2 ermittelt werden und zusätzlich die Unterschiede und Häufigkeiten in den verschiedenen Schulstufen untersucht werden. Diese unterschiedliche Verteilung der Präkonzepte wird anschließend mit dem österreichischen Curriculum verglichen und mögliche Zusammenhänge werden elaboriert.

Folgende Forschungsfragen sollen durch die Umfrage beantwortet werden:

- **Welche unterschiedlichen Alltagsvorstellungen zur Evolution gibt es in den verschiedenen Schulstufen der Sekundarstufe 1 und 2 ?**

Athanasiou & Mavrikaki (2014), Beniermann (2019), Fenner (2013), Southerland et al. (2001), Wescott (2005) und Johannsen und Krüger (2005) widmeten sich der Untersuchung von Schüler*innenvorstellungen zur Evolution. Alle sechs Studien kamen zu demselben Ergebnis, dass die Alltagsvorstellungen zur Evolution überwiegend nicht den wissenschaftlich begründeten entsprechen. Die Fragebogenerhebung von Beniermann (2019) in Österreich, Deutschland und der

Schweiz zeigt, dass das am häufigsten vertretene Präkonzept der Schüler*innen der Finalismus ist. Diese äußerst stabile Vorstellung stellt eine Problematik in der Fachdidaktik dar, da es nicht klar ist, wie diese teleologischen Alltagskonzepte verschwinden sollen, wenn auch in wissenschaftlichen Kontexten der Evolution auf finalistische Aussagen zurückgegriffen wird. Auch in den USA wies Wescott (2005) nach, dass 37 % der Befragten an einen zielgerichteten Prozess der Veränderung durch eine äußere Instanz glauben. Zudem handelte es sich bei den Teilnehmer*innen dieser Studie nicht um Schüler*innen, wie es bei Beniermann der Fall war, sondern um Student*innen. Angesichts dessen weichen nicht nur die Alltagsvorstellungen der Schüler*innen von den fachwissenschaftlich begründeten ab, sondern auch die der Student*innen.

- **Unterscheiden sich die Schüler*innenvorstellungen zur Evolution von Sekundarstufe 1 zu Sekundarstufe 2 ?**

Wie oben bereits erwähnt, unterscheiden sich die Alltagsvorstellungen von Schüler*innen und Student*innen kaum. Dies trifft auch auf den Vergleich der Sekundarstufe 1 mit der Sekundarstufe 2 zu (Southerland et al., 2001). Dennoch stellt diese Forschungsfrage einen bedeutenden Teil der Masterarbeit dar. Auch kleine Unterschiede können dabei helfen Rückschlüsse auf das österreichische Curriculum oder/und das Lernen der Schüler*innen zu ziehen. Die gewonnenen Ergebnisse können anschließend Anstöße für eine Weiterentwicklung geben.

- **Wie ändern sich die Präkonzepte der Schüler*innen gegenüber der Evolution in der Sekundarstufe 1 und 2 ?**

Im Folgenden beziehe ich mich auf die Forschungsergebnisse von Scheuch et al. (2021), einer Langzeitstudie über die Veränderungen der Alltagsvorstellungen zur Evolution, durchgeführt an vier Schüler*innen eines Wiener Gymnasiums, dessen Name nicht veröffentlicht wurde. Die Schüler*innen wurden dreimal interviewt, jeweils einmal in der achten, zehnten und zwölften Schulstufe. In den vier Jahren konnten Veränderungen bezüglich der Vorstellungen von Variation erfasst werden. Allerdings griffen die Schüler*innen bis zum letzten Interview in der zwölften Schulstufe immer wieder auf finalistische Erklärungen zurück. Demnach fand innerhalb dieses Zeitraumes von vier Jahren eine Veränderung des Verständnisses der Variation statt, jedoch blieb das allgemeine Verständnis der Evolutionstheorie unverändert. Mithilfe

des erstellten Fragebogens möchte diese Arbeit allgemeine Konzeptveränderungen in einer Quasi-Längsschnittstudie erfassen.

Folgende Forschungshypothesen wurden vor der Befragung aufgestellt:

- **Wissenschaftliche Vorstellungen nehmen mit zunehmendem Ausbildungsstand zu.**
- **Finalistische Präkonzepte sind die am häufigsten vorkommenden Alltagsvorstellungen der Schüler*innen.**

Erstere Hypothese leitet sich aus den Ergebnissen der Studie von Beniermann (2019, S. 247, 250f) ab. Zweitere stützt sich auch auf die erhobenen Daten von Beniermann (2019) und zusätzlich auf jene von Johannsen und Krüger (2005), Fenner (2013) und Brennecke (2014).

6. Material und Methoden

Als Ort der Untersuchung wurde das Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Rahlgasse im sechsten Wiener Gemeindebezirk festgelegt. Insgesamt besuchen 750 Schüler*innen verteilt auf 30 Klassen das Gymnasium. Demgemäß handelt es sich um eine große allgemeinbildende höhere Schule mit 85 Lehrpersonen, die sowohl die Sekundarstufe 1 als auch 2 beinhaltet (AHS Rahlgasse, 2008). Diese große Anzahl an Schüler*innen stellte eine wesentliche Voraussetzung für die Untersuchung dar, um die erforderliche Stichprobengröße zu erfüllen. Außerdem wurde dieses Gymnasium im Zuge der Absolvierung des Masterpraktikums besucht. Die endgültige Entscheidung fiel aufgrund der Bekanntschaft mit Frau Randl-Gadora, einer Lehrperson des Unterrichtsfaches Biologie und Umweltkunde. Sie hat alle ihre Schüler*innen - verteilt auf zehn Klassen - für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt. Ein weiterer relevanter Grund für die Auswahl dieser Schule war, dass ich auch das übrige Lehrpersonal des Biologie- und Umweltkundeunterrichtes durch das Praktikum bereits kannte. Ein Aspekt, der mir persönlich sehr wichtig für die Zusammenarbeit war.

Dieses Kapitel widmet sich der Darstellung des Untersuchungsdesigns und der Erläuterung der Zusammenstellung und des Inhalts des Fragebogens. Basierend auf den bereits präsentierten Vorüberlegungen stehen die anthropomorphe, lamarckistische, finalistische und kreationistische Denkweise neben der Evolutionstheorie Darwins im Fokus der vorliegenden Arbeit und wurden im Fragebogen untersucht. Zur Darstellung dieser theoretischen Konstrukte wurden Skalen verwendet, die im Folgenden genauer behandelt und deren Auswahl begründet werden. Anschließend werden noch die durchgeführte Pilotphase und die deshalb durchgeführten Modifizierungen am Fragebogen beschrieben.

6.1. Untersuchungsdesign

Die häufigen Publikationen der letzten Jahre zum Thema der Evolution verdeutlichen das steigende Interesse. Vor allem Studien zur Akzeptanz der Evolution, insbesondere in Nordamerika, oder Vorstellungen zum Ablauf bestimmter Prozesse in der Evolution sind sehr präsent. Empirische Messungen von Alltagsvorstellungen können nur anhand indirekter Methoden erfolgen. Dafür werden nicht messbare Merkmale einem Prozess der Operationalisierung²⁸ unterzogen. Im Allgemeinen kann man zwischen drei verschiedenen Methoden zur Erhebung von Präkonzepten unterscheiden. Zum einen eignen sich dafür qualitative Messungen wie beispielsweise Interviews (Beniermann, 2019, S. 62f). Ein Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit, bei ungenauen Angaben die Schüler*innen über Unklarheiten zu befragen, um detaillierte Informationen zu den individuellen Gedanken sammeln zu können. Jedoch ist die anschließende Transkription der Tonaufnahmen mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden, weshalb sich die Stichprobengröße zumeist auf nur wenige Teilnehmer*innen beschränkt (Altrichter et al., 2018, S. 128f). Baalmann (2004) hat beispielsweise deutsche Schüler*innen zum Prozess der Anpassung in der Evolution befragt. Dabei hat er sehr detaillierte Ergebnisse publiziert, jedoch beschränkt sich die Teilnehmer*innenzahl der Studie auf zehn Personen.

Zum anderen kann man mittels quantitativer Fragebögen Schüler*innenvorstellungen zur Evolution erheben. Im Gegensatz zu einem Interview gibt es beim Fragebogen jedoch nicht die Möglichkeit, Rückfragen bei Unklarheiten an die Teilnehmer*innen

²⁸ Operationalisierung: theoretische Begriffe in empirisch messbare Merkmale umwandeln (Bortz & Schuster, 2011, S. 9)

zu stellen oder herauszufinden, ob die Aussagen und Fragen wie erwünscht verstanden wurden. Aus diesem Grund entsprechen die gewonnenen Ergebnisse häufig nicht den Erwartungen. Grundsätzlich ist der Erfolg dieser Form der schriftlichen Untersuchung sehr stark von der Qualität des Fragebogens abhängig. In Anbetracht dessen ist es wichtig, viel Arbeit und Zeit in die Erstellung und Überprüfung des Fragebogens zu investieren, bevor es zur Befragung der Schüler*innen kommt (Altrichter et al., 2018, S. 150, 157).

Auch eine Kombination beider Methoden (*Mixed-Methods-Design*) ist möglich. Beispielsweise haben Donnelly et al. (2009) die Wahrnehmung der Evolution durch Schüler*innen in den USA sowohl mit Fragebögen als auch mit Interviews untersucht. Mit dem *Mixed-Methods-Design* sind sie zu dem Ergebnis gekommen, dass Schüler*innen gerne Inhalte der Evolution lernen und auch der Meinung sind, dass Evolution in Schulen gelehrt werden soll.

Basierend auf diesen Vor- und Nachteilen wurde für die Operationalisierung der im vorigen Kapitel präsentierten Hypothesen eine quantitative Forschungsmethode festgelegt. Da für die Beantwortung der Forschungsfragen keine detaillierten Meinungen und Gedanken seitens der Schüler*innen entscheidend sind, sondern allgemeine, bereits bekannte Alltagsvorstellungen abgefragt wurden, war eine qualitative Erhebungsmethode nicht vonnöten. Ein Vorteil der gewählten Erhebungsmethode, besonders aufgrund der hohen Teilnehmer*innenzahl, war, dass die Fragen gleichzeitig von allen Schüler*innen einer Klasse beantwortet werden konnten. Zusätzlich standen die Teilnehmer*innen unter keinem sozialen Druck, wie es häufig bei Interviews der Fall ist. Durch diese eigenständige Beantwortung und die Schaffung einer ruhigen Atmosphäre bei der Auseinandersetzung mit den Aussagen und Fragen wurde bewusst einer Verzerrung der Ergebnisse entgegengearbeitet (Altrichter et al., 2018, S. 157).

Eine weitere Überlegung, die bei der Gestaltung eines Fragebogens angestellt werden muss, ist die Art der Durchführung der Untersuchung. Bei einer quantitativen Befragung kann zwischen einem Online-Test und einem Paper-Pencil-Test unterschieden werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Online-Fragebogen erstellt. Diese digitale Untersuchungsmethode wurde durch die fortschreitende Verbreitung des Internetzuganges seit dem Jahre 2001 immer populärer. Die

überwiegenden Vorteile, wie zum Beispiel eine bessere Anonymisierung, eine stärkere Partizipation sowie eine einfachere Befragung und Auswertung großer Stichproben, sind dafür verantwortlich. Ferner ist diese Methode vor allem bei vielen Teilnehmer*innen mit geringen Kosten verbunden, man bedenke dabei die wegfallenden Papier- und Druckkosten. Auch die anschließende Datenauswertung erwies sich für diese Arbeit mittels einer Online-Befragung vorteilhafter. Mit der automatischen Übertragung der Ergebnisse auf das Statistikprogramm SPSS Statistics 27.0 gab es nicht nur eine Zeitersparnis, sondern es konnten auch Fehler bei der Übertragung verhindert werden (Ward et al., 2014, S. 85f). Grundsätzlich wurden für die Auswertung vor allem deskriptive Statistiken²⁹ und Kreuztabellen berechnet. Die Ergebnisse, überwiegend in Prozentangaben, wurden anschließend in das Programm Microsoft Excel übertragen und grafisch oder tabellarisch veranschaulicht. Dieser zusätzliche Schritt erfolgte nur aufgrund einer größeren Zahl an Gestaltungsmöglichkeiten bezüglich der Abbildungen und Tabellen. Vor der Auswertung ist die Überprüfung der Konstruktvalidität³⁰ empfehlenswert. Dabei werden die für den Fragebogen erstellten Itembatterien (Sammlung an Items, die einen Faktor beschreiben) auf ihre Faktoren überprüft und können auf eine minimale Anzahl verringert werden. Um die dafür erforderliche Faktorenanalyse durchzuführen, muss zuerst überprüft werden, ob die Items auch dafür geeignet sind. Hierfür wurde zuvor ein Kaiser-Meyer-Olkin Test verwendet. Nur wenn die Werte aller Items über 0,5 liegen, können regelmäßige Antwortmuster angenommen werden und eine Einteilung in Faktoren ist sinnvoll. Die zusätzlich berechneten Kommunalitäten zeigen, wie gut die einzelnen Items von den Faktoren erklärt werden (Cleff, 2015, S. 217, 220f). Für die Korrelationsanalysen wurden nicht parametrische Tests herangezogen aufgrund der größtenteils nominal skalierten Variablen und keiner Normalverteilung der Daten (Lüpsen & Rechenzentrum, 2015, S. 1).

Angesichts des Mangels an Langzeitstudien und Publikationen, die Alltagskonzepte verschiedener Schulstufen vergleichen, wurde die Wahl getroffen, eine Quasi-Längsschnittstudie durchzuführen. Genauer genommen bedeutet das, dass zur gleichen Zeit verschiedene Schulstufen untersucht werden. Der dafür erstellte

²⁹ deskriptive Statistiken: *Statistik, die die Daten einer Stichprobe z. B. durch Grafiken oder Kennwerte (Mittelwert, Varianz etc.) beschreibt* (Bortz & Schuster, 2011, S. 579)

³⁰ Validität: Gültigkeit der erwarteten Ergebnisse (deren Aussagekraft) (Steiner & Benesch, 2021, S. 39)

Fragebogen wurde über die Applikation SoSci Survey in ein Online-Format gebracht und sollte zur Bearbeitung nicht länger als fünfzehn Minuten benötigen. Die Befragung erfolgte anonym, um den Datenschutz gemäß DSGVO³¹ zu wahren und eine Rückverfolgung der Antworten auf einzelne Schüler*innen zu verhindern. Aufgrund der überwiegend minderjährigen Teilnehmer*innen, wurden vor der Untersuchung die Elterneinverständniserklärung zur Teilnahme verteilt und anschließend unterschrieben wieder eingesammelt. Um dem wichtigen Faktor der Testsituation, dem Gütekriterium der Objektivität, gerecht zu werden, wurden vor jeder Befragung die gleichen Anweisungen und Erklärungen zur Untersuchung gegeben, ausgenommen in der fünften und sechsten Schulstufe. In diesen Klassen wurde zusätzlich kurz der Begriff Evolution erklärt. Diese Schaffung standardisierter Bedingungen soll die Reliabilität³² der Befragung begünstigen (Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 120). Außerdem war die Verfasserin dieser Arbeit bei einigen der Klassen selbst anwesend, um die genannten gleichen Bedingungen in den untersuchten Klassen zu schaffen und für Rückfragen bereitzustehen. Vor der Befragung erfolgte eine Vorstellung meinerseits bei den Schüler*innen mit meinem Namen, Studienrichtung und Studienort und einem Ausspruch des Dankes für die Teilnahme. Großer Wert wurde darauf gelegt zu verdeutlichen, dass die Leistung nicht benotet wird und es sich um ihre persönlichen Vorstellungen zur Evolution handelt, nicht um eine Wissensabfrage. Darauf folgten allgemeine Informationen zum Inhalt des Fragebogens und zur richtigen Vorgangsweise bei der Beantwortung der Fragestellungen. Wenn die Verfasserin dieser Masterarbeit nicht selbst bei der Untersuchung anwesend sein konnte, wurde Genanntes von den Lehrpersonen des Biologie- und Umweltkundeunterrichtes gemäß den bereitgestellten Informationen an die Schüler*innen vermittelt. Erst nach dieser Einleitung wurde der zur Befragung erforderliche Link bekannt gegeben. Da alle Schüler*innen bereits ab der 1. Klasse einen Laptop besitzen, konnte der Fragebogen entweder direkt mit diesen oder auch mittels eines Handys ausgefüllt werden. Nachdem die Teilnehmenden den Fragebogen ausgefüllt und erfolgreich abgesendet hatten, wurden sie über den Hintergrund der Studie aufgeklärt.

³¹ Datenschutzgrundverordnung: zusätzliche Informationen unter:

<https://www.qs.univie.ac.at/ueber-uns/rechtliche-grundlagen/datenschutz-bei-befragungen/>

³² Reliabilität: Zuverlässigkeit eines wissenschaftlichen Versuches oder Tests (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 11)

Mit der Einleitung, dem Ausfüllen des Fragebogens und einer kurzen Aufklärung über die Absicht der Studie dauerte die Untersuchung pro Klasse circa 30 Minuten. Da im Allgemeinen die Existenz und Verschiedenheit der Schüler*innenvorstellungen an einer Schule betrachtet wird, sollten im besten Fall alle Mitglieder der untersuchten Klassen teilnehmen. Als Anpassung an die Altersgruppe wurden die Teilnehmenden in allen Fragen und Aussagen mit „du“ angesprochen (Steiner & Benesch, 2021, S. 51). Für Schüler*innen, die die deutsche Sprache nicht ausreichend gut verstehen, um den Fragebogen sinngemäß auszufüllen, wurde ein englisches Kahoot zur Evolution erstellt und bereitgestellt.

6.2. Zusammenstellung des Fragebogens

Bis jetzt wurde noch kein Fragebogen, der ausschließlich die Alltagsvorstellungen von Schüler*innen der Sekundarstufe 1 abfragt, entwickelt. Aus diesem Grund wurde für diese Masterarbeit ein Fragebogen aus bestehenden Instrumenten zusammengestellt. Der entwickelte Fragebogen enthält Items verschiedener Publikationen, welche bereits überprüft wurden. Um die Verständlichkeit zu garantieren, wurde eine Pilotphase mit Schüler*innen der Unterstufe durchgeführt. Gemäß dem Feedback wurden einige Items umformuliert und vereinfacht. Auf die Pilotstudie wird im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen.

Der erstellte Fragebogen befasst sich sowohl mit dem allgemeinen Begriff der Evolution (gibt es Evolution) als auch mit der Evolutionstheorie (Erklärungen evolutionärer Phänomene). Der erste Schritt der Fragebogenerstellung stellte eine ausführliche Literaturrecherche dar. In einer Exceltabelle wurden publizierte Studien und deren genaue Untersuchungsthemen zur Evolution an Schüler*innen und Student*innen notiert. Die für diese Arbeit relevanten können in der Tabelle (30) im Anhang nachgeschlagen werden. Darauf basierend wurden die zur aktuell vorliegenden Masterarbeit passenden Fragebögen ausgewählt. Der Fragebogen wurde so zusammengestellt, dass die laut einigen Studien (Baalmann et al., 2004; Beniermann, 2019; Brennecke, 2014; Kampourakis & Zogza, 2008; Konnemann et al., 2012) am häufigsten vorkommenden Vorstellungen zur Evolution abgefragt werden. Dabei handelt es sich um theistische bzw. kreationistische, teleologische und anthropomorphe Denkweisen sowie um lamarckistische Vorstellungen und die

wissenschaftlich begründete Evolutionstheorie Darwins. Diese Präkonzepte werden im Single Choice Format - Einfach-Wahl-Aufgaben - und unter Verwendung einer fünfstufigen Likert-Skala³³ abgefragt. Die Skalenauswahl der Fragebögen ist eng verbunden mit der Aussagekraft der daraus erhobenen Daten. Die Gründe für die Wahl und die Gestaltung der Skala werden nun genauer erklärt. Erstens sollen fünf Abstufungen eine Überforderung der Schüler*innen mit zu vielen Auswahlmöglichkeiten verhindern. Zweitens ist der Differenzierungsgrad bezüglich der Faktoren der Validität und Reliabilität bei fünf bis sieben Kategorien ideal. Drittens wird diese Anzahl an Kategorien auch von den Teilnehmer*innen der Befragungen bevorzugt. Viertens werden mit dieser Abstufung die empfohlene Äquidistanz und die Symmetrie eingehalten. Das bedeutet, dass zwischen den Kategorien jeweils der gleiche Abstand vorhanden ist und es gleichviele positive wie negative Auswahlmöglichkeiten gibt (Menold & Bogner, 2015). Bezüglich der Skalenpolarität wurde auf eine bipolare Ausprägung zurückgegriffen, die von „ich stimme gar nicht zu“ bis „ich stimme völlig zu“ reicht (Steiner & Benesch, 2021, S. 54f). Die Schüler*innen sollten die auf sie zutreffende Antwortkategorie auswählen. Die Mittelkategorie, „weder noch“ drückt die Indifferenz³⁴ aus. Sie verbindet sowohl positive als auch negative Effekte miteinander (Menold & Bogner, 2015). Damit soll zum einen die Möglichkeit gegeben werden, eine neutrale Mittelposition einzunehmen, zum anderen besteht die Gefahr von Satisficing-Verhalten³⁵. Letzteres tritt auf, wenn Personen nicht teilnehmen möchten oder nicht ganz bei der Sache sind. Sie tendieren dann häufig dazu, die Mittelkategorie auszuwählen (Krosnick, 1991). Zudem kann es sein, dass die Mittelkategorie als Ersatz zu „ich weiß es nicht“ gewählt wird. Empirische Studien zeigen aber, dass dieses Verhalten die Reliabilität und Validität der Untersuchung nicht beeinflusst (Menold & Bogner, 2015). In dieser Arbeit wurde außerdem die Verwendung vollverbalisierter Ratingskalen aufgrund des besseren Verständnisses der Kategorien als wichtig erachtet, ein Faktor, der sich wiederum positiv auf die Aussagekraft der Ergebnisse auswirkt. Zudem sollen die zusätzlich abgebildeten Smileys die Urteilsgabe der Schüler*innen erleichtern.

³³ Likert-Skala: *mithilfe dieser Skalen (Ratingskala) können Fremd- bzw. Selbstbeurteilungen vorgenommen werden* (Steiner & Benesch, 2021, S. 54)

³⁴ Indifferenz: Gleichgültigkeit (Fussy & Steiner, 2009, S. 372)

³⁵ Satisficing: „beschreibt das Verhalten, in einer Entscheidungssituation die erstbeste Möglichkeit zu wählen, die den angestrebten Zweck bzw. ein zuvor definiertes Anspruchsniveau erfüllt“ (Stangl, 2023)

Zuletzt muss noch die Skalenorientierung beachtet werden. Gemäß der Literatur gibt es diesbezüglich keine einheitlichen Empfehlungen. Mit dem Hintergedanken der deutschen Leserichtung zu entsprechen, wurde eine Steigerung von links nach rechts gewählt. Diese Orientierung soll vor Verwirrungen vorbeugen (Menold & Bogner, 2015).

Bei der Auswahl der Items für den Fragebogen wurde auf die verwendeten Skalen in der Literatur geachtet und es wurden nur Aufgaben mit gebundenem Antwortformat ausgewählt. Ein wesentlicher Grund dafür stellt die höhere Auswertungsobjektivität dar (Jonkisz et al., 2012, S. 43). Es wurden nur Aussagen mit einer Antwortmöglichkeit durch eine fünfstufige Subskala ausgewählt. Dadurch soll ein einheitliches Antwortformat geschaffen werden, welches wiederum Missverständnisse verhindern soll. Ein Item des Fragebogens hat eine Skala, die von den anderen abweicht. Es wurde aber nicht darauf verzichtet, da es eines der wenigen aus der Literatur ist, welches die lamarckistische Vorstellung abfragt. Mit dem Ziel, ein Überlesen zu verhindern, hebt sich das Item vom Fragetyp der anderen ab – Dropdown im Gegensatz zu Einfachauswahl - und steht allein auf einer Seite. Obwohl beim Fragebogen kein Primary-Recency-Effekt³⁶ auftreten sollte, wurde die Reihenfolge der Items und Seiten im Fragebogen variiert, um ein Kopieren der Antworten zu vermeiden (Steiner & Benesch, 2021, S. 63).

Zu Beginn des Fragebogens wurden sozialdemografische Daten der Schüler*innen erhoben. Dabei wurde nach dem Geschlecht, dem Alter, der Klasse und dem Glaubensbekenntnis gefragt. Diese Informationen sind essenziell für die Darstellung und Interpretation der Ergebnisse. Im allgemeinen Teil wurden neun Items über die fünfstufige Likert-Skala abgefragt, ein Aufgabentyp, der auch Beurteilungsaufgabe genannt wird (Jonkisz et al., 2012, S. 50). Unter diesen Items befinden sich vier Aussagen zur kreationistischen Denkweise, eine zur anthropomorphen Denkweise, eine zum Finalismus, zwei zur Evolutionstheorie nach Darwin und eine zur persönlichen Einschätzung der Wichtigkeit der Religion. Ein weiterer eingesetzter Fragetyp sind Single Choice Aufgaben - Einfach-Wahl-Aufgaben -, bei welchen jeweils jede Antwortmöglichkeit einer der fünf Denkfiguren entspricht. Bei diesen

³⁶ Primary-Recency-Effekt: Urteilsverzerrung, die sich aufgrund der Position der zu beurteilenden Items ergibt (Steiner & Benesch, 2021, S. 21)

Fragen wurde zusätzlich noch die Möglichkeit gegeben „ich weiß es nicht“ auszuwählen, um die Schüler*innen nicht zu einer Antwort zu zwingen.

Die vier Items zur theistischen Denkweise wurden dem MATE-Fragebogen (*Measure of Acceptance of the Theory of Evolution*) von Rutledge & Warden (1999) entnommen. Sie waren die Ersten, die einen Fragebogen zur empirischen Untersuchung der allgemeinen Akzeptanz der Evolution entwickelt haben. Es handelt sich dabei um deskriptive Aussagen über Zusammenhänge in der Naturwissenschaft (Romine et al., 2018). Der Fragebogen hat eine hohe Reliabilität mit einer Pearson-Korrelation von $r = 0,92$ und einem Cronbach-Alpha-Wert³⁷ von 0,92 (Nadelson & Southerland, 2012). Der MATE-Fragebogen wurde bereits in 20 Studien eingesetzt und insgesamt in sechs verschiedenen Ländern Europas verwendet (Kuschmierz et al., 2022, S. 11). Später wurden noch die Fragebögen I-SEA (*Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance*) und GAENE (Generalized Acceptance of Evolution Evaluation) erstellt, welche ebenfalls die Akzeptanz der Evolution ermitteln (Nadelson & Southerland, 2012; Smith et al., 2016). Alle drei haben die Verwendung einer Likert-Skala gemeinsam, bezüglich des Inhaltes weisen sie jedoch Unterschiede auf. I-SEA und MATE unterscheiden sich beispielsweise durch die Verwendung unterschiedlicher Anzahlen an Dimensionen für die Korrelation zwischen Antwort und Item. Während GAENE und MATE die Evolution als Ganzes betrachten, unterscheidet I-SEA die Akzeptanz der Evolution bezüglich der Mikroevolution³⁸, der Makroevolution³⁹ und der menschlichen Evolution (Romine et al., 2018). Aufgrund der allgemeinen Betrachtung der Schüler*innenvorstellungen zur Evolution in der vorliegenden Arbeit und demgemäß einer Irrelevanz der Differenzierung verschiedener Dimensionen wurde auf Items des MATE-Fragebogens zurückgegriffen. Diese wurden sinngemäß vom Englischen ins Deutsche übersetzt. Dabei handelt es sich um drei positive (KD01_02, KD01_03, KD01_05) und eine negativ formulierte Aussage (KD01_04), wobei das „nicht“ extra hervorgehoben wurde, angesichts der Tatsache, dass es leicht überlesen wird. Das Item KD01_02 wurde leicht modifiziert, um vorzubeugen, dass nicht immer das

³⁷ Cronbachs-Alpha: *Methode zur Bestimmung der internen Konsistenz* (Schermelleh-Engel & Werner, 2012, S. 130)

³⁸ Mikroevolution: *Evolutionsprozesse, die über eine graduelle Akkumulation kleiner Mutationen ablaufen und sich auf Populationsebene (intraspezifisch) abspielen* (Storch et al., 2013, S. 433)

³⁹ Makroevolution: *Entstehung und Entwicklung von Taxa der Arten (Gattungen, Familien, Ordnungen, Stämme)* (Storch et al., 2013, S. 433)

Gleiche angekreuzt wird (Smith et al., 2016). Dieser Wechsel an Aussagen soll der Bildung eines schematischen Antwortmusters der Schüler*innen entgegenarbeiten (Altrichter et al., 2018, S. 156).

Tabelle 2: Items mit fünfstufiger Likert-Skala zur kreationistischen Denkweise (KD)

Item		Quelle
KD01_01	Meine Religion ist mir sehr wichtig.	selbst erstellt
KD01_02	Es ist möglich die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich zu beweisen.	Rutledge & Warden 1999 (modifiziert)
KD01_03	Das Alter der Erde beträgt weniger als 20.000 Jahre.	Rutledge & Warden 1999
KD01_04	Die Evolution ist falsch, da sie <u>nicht</u> mit der Bibel übereinstimmt.	Rutledge & Warden 1999 (modifiziert)
KD01_05	Mit wenigen Ausnahmen sind die Lebewesen auf der Erde zur selben Zeit entstanden.	Rutledge & Warden 1999 (modifiziert)

Die anderen fünf Items wurden den Studien von Cunningham & Wescott (2009) (AD02_01), Johannsen & Krüger (2005) (LK01), Rutledge & Warden (1999) (DW01_01) und Fenner (2013) (FN01_01) entnommen (Tabelle 3). Das Item mit der Bezeichnung DW01_02 wurde im Hinblick auf die häufig vorhandene „*plant blindness*“ unter Schüler*innen erstellt. Der Begriff der „Pflanzenblindheit“ wurde im Jahre 1999 aufgrund der ungleichmäßigen Wahrnehmung von Pflanzen und Tieren eingeführt. Seit den letzten Jahren tritt immer mehr die Unsichtbarkeit der Bedeutung der Pflanzen für die Biosphäre⁴⁰ und die Gesellschaft hervor (Parsley, 2020). In der Publikation von Scheuch et al. (2021) wurde die „Pflanzenblindheit“ als möglicher Grund für die Ausgrenzung der Pflanzen in evolutionären Prozessen angesehen. Der Vorstellung, dass Pflanzen keiner Variation unterliegen, liegt die Tatsache zugrunde, dass manche Schüler*innen Pflanzen nicht mit lebendigen Organismen assoziieren.

⁴⁰ Biosphäre: belebter Raum auf der Erde (Fussy & Steiner, 2009, S. 112)

Tabelle 3: Items mit fünfstufiger Likert-Skala

AD = anthropomorphe Denkweise; LK = lamarckistische Vorstellung; DW = Evolutionstheorie nach Darwin

FN = finalistische Denkweise

Item		Quelle
AD02_01	Eine Art verändert sich, weil sich die einzelnen Lebewesen entwickeln wollen.	Cunningham & Wescott 2009
LK01	Bei den Menschen haben sich über Generationen bestimmte Körperteile stärker ausgeprägt, weil sie diese aus Notwendigkeit viel intensiver beansprucht haben.	Johannsen & Krüger 2005
DW01_01	Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.	Rutledge & Warden 1999 (modifiziert)
DW01_02	Gänseblümchen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.	selbst erstellt
FN01_01	Anpassung geschieht, weil die einzelnen Lebewesen sich anpassen müssen.	Fenner 2013

Bei den Single-Choice Fragen handelt es sich um drei Beispiele aus der Zoologie (SC01, SC02, SC04) und eines aus der Botanik (SC03):

- SC01 Giraffen: Wie kam es zu den langen Hälsen der Giraffen?
- SC02 Geparde: Wie hat sich die schnellere Laufgeschwindigkeit der Geparde entwickelt?
- SC03 Venusfliegenfalle: Wie haben sich die Fangblätter der Venusfliegenfalle im Laufe der Zeit entwickelt?
- SC04 Galapagos-Finken: Wie sind die verschiedenen Schnabelformen der Galapagos-Finken erstmals entstanden?

Die erste Frage wurde der Studie von Brennecke (2014, S. 29) entnommen. Sie hat dieses Item aus den Fragebögen von Baalmann et al. (2004) und Johannsen & Krüger (2005) abgeleitet. Dieses Beispiel, welches nach dem Entwicklungsprozess der langen Hälse der Giraffen fragt, wird häufig im Biologie- und Umweltkundeunterricht als Gegensatz zum Prozess der natürlichen Selektion nach

Charles Darwin verwendet. Noguera-Solano et al. (2021) vertreten die Ansicht, dass in der von Lamarck aufgestellten Theorie nicht nur dieser eine Aspekt der Vererbung erworbener Eigenschaften in der Lehre der Evolution hilfreich sein kann, sondern noch weitere hilfreiche Inhalte daraus für den Unterricht gewonnen werden können. Die Beispiele zum Geparden und die der Venusfliegenfalle wurden der Publikation von Beniermann (2021) entnommen. Eine der Antwortmöglichkeiten zur Frage der Entwicklung der Laufgeschwindigkeit der Geparde wurde nicht verwendet. Der Grund dafür liegt einerseits am Vorhandensein zweier Antwortmöglichkeiten, die dem Anthropomorphismus entsprechen und andererseits an der hohen Anzahl an Antwortmöglichkeiten insgesamt. Durch diesen Ausschluss wurde demnach einer Überforderung vonseiten der Schüler*innen entgegengearbeitet. Die letzte Frage zu den Galapagos-Finken wurde aus dem englischen Fragebogen CINS (*The Conceptual Inventory of Natural Selection*), entwickelt von Anderson und Fisher, übernommen und übersetzt. Grundsätzlich dient der aus 20 Items bestehende Fragebogen der Erhebung der Alltagskonzepte zur Evolutionstheorie und dem Verständnis der natürlichen Selektion (Anderson et al., 2002). Mehrere Untersuchungen zeigen, dass es sich dabei um ein reliables und valides Messinstrument handelt (Athanasou & Mavrikaki, 2014, S. 1268). Um den Untersuchungsteilnehmer*innen im Rahmen dieser Masterarbeit keine Antwort aufzuzwingen, wurde bei dem übernommenen Item (SC04) die Antwortmöglichkeit „Ich weiß es nicht“ hinzugefügt (Altrichter et al., 2018, S. 165). Auch das Beispiel der Entstehung von unterschiedlichen Schnabelgrößen der Galapagos-Finken wird häufig im Biologieunterricht herangezogen, um den Prozess der Variation und der natürlichen Selektion zu erklären. Dieses Beispiel ist somit Inhalt in vielen Biologielehrbüchern und wurde auch schon häufig als Beispiel für Forschungszwecke verwendet (Pittman & Teske, 2017; To et al., 2017). Um den urheberrechtlichen Ansprüchen zu entsprechen, wurden die vier im Fragebogen enthaltenen Bilder nicht aus den Fragebögen der Literatur entnommen, sondern es wurde auf passende lizenfreie Abbildungen aus dem Internet zurückgegriffen.

Insgesamt wurden mithilfe des Fragebogens die untersuchten Präkonzepte jeweils durch mehrere Items abgefragt. Dies ist im Hinblick auf die Reliabilität der Untersuchung essenziell, denn je häufiger eine Alltagsvorstellung überprüft wird, desto genauer sind die Ergebnisse (Jonkisz et al., 2012, S. 34). In den

Antwortmöglichkeiten der Single-Choice Fragen zu Darwins Evolutionstheorie wurden indirekt auch die Prozesse der zufälligen Mutation, der sexuellen Selektion, der Variation und des „*survival of the fittest*“ abgefragt. Die nun folgende Abbildung soll einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der einzelnen Schritte der Masterarbeit geben:

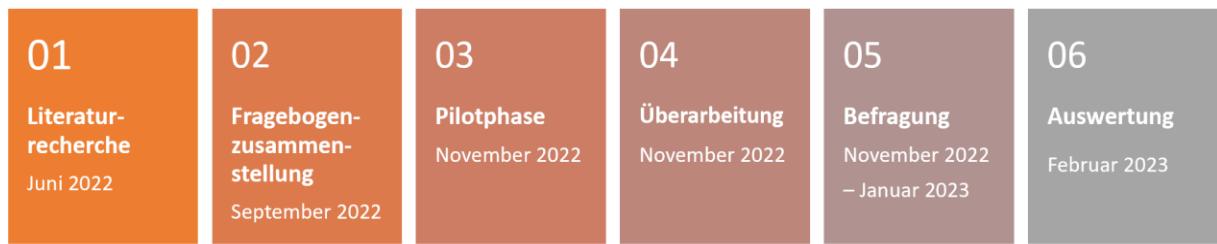


Abbildung 3: Grafische Darstellung des zeitlichen Verlaufes für die Verfassung der Masterarbeit (eigene Darstellung)

6.3. Pilotphase

Der wesentliche Grund für die Durchführung der Pilotphase, als erste empirische Erprobung, stellt die Sicherstellung des Verständnisses des Fragebogens auch der jüngsten Teilnehmer*innen dar. Auf diese Weise soll einer Verfälschung der Ergebnisse vorgebeugt werden (Rivu et al., 2021). Die ausgewählten Items für den Fragebogen sind aus mehreren Studien zusammengesetzt und somit bereits überprüft, weshalb davon ausgegangen wurde, dass kaum eine Notwendigkeit für Änderungen bestehen wird. Zumal einige Items sinngemäß vom Englischen ins Deutsche übersetzt wurden, wird zusätzlich durch die Pilotstudie die Gewissheit der Verständlichkeit geschaffen. Für die Verwendung des erstellten Fragebogens wurde außerdem dessen Bearbeitungsdauer festgelegt, welche 15 Minuten nicht überschreiten sollte und es wurden anhand dieser Dauer bestimmte Einflussfaktoren ermittelt. Diese sind einerseits die steigende Reliabilität der Untersuchung mit der Anzahl an Items, andererseits die Konzentrations- und Motivationsverringerung mit zunehmender Bearbeitungszeit. Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren wurde die Anzahl der Items ausgewählt (Jonkisz et al., 2012, S. 35).

Die qualitative Verständlichkeitsanalyse sowohl der Instruktionen als auch der Items wurde am 10. November 2022 durchgeführt. Grundlegend für die Auswahl der Teilnehmer*innen an der Pilotphase war der Schultyp und die Schulstufe, die mit der zu untersuchenden Schule übereinstimmen sollten. Die Zielgruppe war eine erste und eine dritte Klasse des Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasiums Freistadt, in Oberösterreich. Aufgrund meines Besuches dieser Schule über einen Zeitraum von acht Jahren konnte glücklicherweise problemlos eine Lehrkraft für Biologie- und Umweltkunde gefunden werden, die ihr Einverständnis gab, an der Pilotstudie mitzumachen. Wichtig zu nennen ist dabei, dass die Teilnahme auf freiwilliger Basis und anonym erfolgte.

Der Beginn der Pilotphase war von technischen Schwierigkeiten geprägt, ein laut der Literatur häufig auftretender Nachteil von Online-Fragebögen (Ward et al., 2014, S. 88). Nicht alle Schüler*innen hatten mit dem gleichen Link einen Zugang zum erstellten Fragebogen. Glücklicherweise konnte das Problem noch im Klassenzimmer gelöst werden und die Pilottestung wurde wie geplant durchgeführt. Die Schüler*innen der ersten Klasse haben den Fragebogen mittels Handy oder Computer bearbeitet, während die der dritten Klasse ihre eigenen Laptops verwendet haben. Alle drei Optionen haben gut funktioniert. Dies war sehr wichtig, damit auch Schüler*innen, die den Laptop vergessen haben, ebenfalls an der Befragung teilnehmen konnten.

Die Ergebnisse im Rahmen dieser Pilotstudie zeigten, dass die Drittklässler*innen im Durchschnitt 10 – 15 Minuten zur Bearbeitung benötigten, während bei Schüler*innen der ersten Klassen das Ausfüllen deutlich mehr Zeit, 20 – 25 Minuten, in Anspruch nahm. Aufgrund dessen und der textlastigen Single Choice Fragen bekamen die ersten Klassen eine gekürzte Endversion des Fragebogens. Die Items mit der fünfstufigen Likert-Skala blieben erhalten, es wurde nur eine Single-Choice Frage weggelassen. Da die Frage nach der Entstehung der unterschiedlichen Schnabelformen der Galapagos-Finken laut dem Feedback der Erstklässler*innen am schwierigsten war, wurde sie aus ihrem Fragebogen entfernt. Die Rückmeldungen der Schüler*innen erfolgten sowohl mündlich als auch schriftlich über die Kommentarfunktion am Ende jeder ausgefüllten Fragebogenseite. Die Daten der ausgefüllten Fragebögen für die Pilotstudie wurden weder gespeichert

noch ausgewertet, da der Fokus nur auf dem Verständnis der Items und der Erhebung der Bearbeitungsdauer des Fragebogens lag.

Bezüglich der Klarheit der Items wurde ersichtlich, dass Schüler*innen der ersten Klasse keine Vorstellung vom Begriff der Evolution hatten. Da dieser Terminus in vielen Items der Literatur vorkommt und sich möglichst nahe an den original verwendeten Aussagen in den Studien gehalten wurde, wurde vor der Durchführung der Befragung in den Schulstufen fünf und sechs gemeinsam besprochen, was man unter Evolution versteht. So wurde einer starken Modifizierung der Items entgegengearbeitet, um die Semantik⁴¹ nicht zu verändern und Vergleiche mit den bereits durchgeführten Studien zu ermöglichen. Dennoch wurden Aussagen umformuliert, wie genau, kann man der folgenden Tabelle entnehmen.

Tabelle 4: Modifizierung der Items gemäß dem Feedback der Vorstudie

Items MATE Fragebogen (entnommen aus Konnemann et al. 2012 & übersetzt)		modifiziert
KD01_02	Es ist möglich die Evolutionstheorie wissenschaftlich zu beweisen.	Es ist möglich die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich zu beweisen.
KD01_04	Die Evolutionstheorie kann nicht richtig sein, da sie nicht mit der biblischen Schöpfungsgeschichte übereinstimmt.	Die Evolution ist falsch, da sie <u>nicht</u> mit der Bibel übereinstimmt.
KD01_05	Mit wenigen Ausnahmen sind die Organismen auf der Erde zur selben Zeit entstanden.	Mit wenigen Ausnahmen sind die Lebewesen auf der Erde zur selben Zeit entstanden.
DW01_01	Die modernen Menschen sind das Produkt evolutionärer Prozesse, die über mehrere Millionen Jahre stattfanden.	Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.

Als letzter Schritt vor dem Start der offiziellen Befragung an der ausgewählten Schule wurde ein technischer Test durchgeführt. Dabei wurde getestet, ob die Applikation SoSci Survey die Antworten gemäß der gewählten Codierung auswertet. Hierfür

⁴¹ Semantik: Lehre von der Bedeutung der Wörter (Fussy & Steiner, 2009, S. 589)

wurde der Fragebogen mehrmals ausgefüllt und gleichzeitig die Codierungen händisch notiert. Anschließend wurden die Ergebnisse mit jenen des Online-Programmes verglichen. Im Allgemeinen dienten die Pilotphase und der technische Test der Bewährung vor negativen Überraschungen in der Datenauswertung (Steiner & Benesch, 2021, S. 59f).

7. Ergebnisse

Dieses Kapitel soll den empirischen Teil der Arbeit darstellen und widmet sich der Veranschaulichung der Befragungsergebnisse sowohl in grafischer, tabellarischer als auch in wörtlicher Form. Mithilfe des Statistikprogrammes SPSS Statistics 27 erfolgte die Auswertung. Aufgrund des nach den Alltagskonzepten gegliederten theoretischen Teil und der Zielsetzung der Untersuchung nach der Häufigkeit verschiedener Präkonzepte unter den Schüler*innen, wird auch der empirische Teil mit den Ergebnissen in derselben Art der Gliederung erfolgen. Bevor es zur Präsentation der Ergebnisse kommt, wird auf die Stichprobengröße der Untersuchung und auf die Rücklaufquote der Fragebögen näher eingegangen.

Im empirischen Teil der Arbeit wurde eine Fragebogenerhebung, die sich über einen Zeitraum von acht Wochen erstreckte, am Gymnasium Rahlgasse im sechsten Wiener Gemeindebezirk durchgeführt. Insgesamt wurden dafür 500 Elterneinverständniserklärungen in 17 Klassen verteilt. Von den sechs Biologie Lehrkräften dieses Gymnasiums haben sich drei dazu entschieden, an der Untersuchung teilzunehmen. 311 Fragebögen wurden bearbeitet, jedoch beträgt die tatsächliche Anzahl der bewertbaren Fälle 263. Dies ist auf viele verschiedene Faktoren zurückzuführen. Erstens war die allgemeine Resonanz der Schüler*innen, bei der Befragung mitzumachen, sehr gering. Zweitens gaben viele Eltern ihren Kindern nicht das Einverständnis teilzunehmen. Drittens wurden viele Fragebögen - 46 - nicht bis zur letzten Seite ausgefüllt, obwohl zuvor verdeutlicht wurde, dass dies ein unerlässliches Kriterium für die Auswertung darstellt. Die Anzahl der gültigen Fälle konnte schlussendlich durch den Aufruf, dass jede*r Schüler*in der Lehrperson zeigen muss, dass er*sie den vollständigen Fragebogen abgesendet hat, erheblich gesteigert werden. Zusätzlich waren viele Schüler*innen zum Zeitpunkt der Umfrage nicht im Klassenzimmer anwesend, was auf vermehrten Krankheitsfälle, als Folge

der Covid-19-Pandemie, zurückzuführen war. Laut Aussage einer teilnehmenden Lehrkraft gab es seit Schulbeginn im Herbst 2022 keinen Biologieunterricht ohne fehlende Schüler*innen. Angesichts dessen konnte pro Klasse nur eine Stunde für die Befragung investiert werden, unabhängig davon, wie viele Schüler*innen anwesend waren. Die genaue Anzahl an gültigen Fragebögen pro Schulstufe kann der Tabelle 5 entnommen werden:

Tabelle 5: Anzahl an gültigen Fragebögen pro Schulstufe

		Häufigkeit
gültige Fälle	1. Klasse	46
	2. Klasse	14
	3. Klasse	22
	4. Klasse	43
	5. Klasse	51
	6. Klasse	33
	7. Klasse	33
	8. Klasse	21
	Gesamt	263

Die Darstellung der Ergebnisse folgt in den nächsten Kapiteln, welche sich nach den verschiedenen Präkonzepten unterteilen. Dabei werden sowohl allgemeine Ergebnisse der gesamten Stichprobe präsentiert als auch Vergleiche zwischen der Unterstufe und Oberstufe angestellt. Um Rückschlüsse auf die genaue Entwicklung der Alltagsvorstellungen ziehen zu können, werden die erhobenen Daten von jeweils zwei Schulstufen zusammengefasst und miteinander in Beziehung gesetzt. Mit Hilfe dieser drei Unterteilungen sollen Antworten auf die drei formulierten Forschungsfragen gefunden werden. Zu allerletzt werden die Ergebnisse aller untersuchten Alltagsvorstellungen noch einmal zusammengefasst und miteinander verglichen.

7.1. Faktorenanalyse

Bevor es zur Erhebung der Präkonzepte der Schüler*innen kommt, müssen die Items noch auf die Konstruktvalidität geprüft werden. Das bedeutet, es wird ermittelt, ob die gewählten Items auch die Alltagsvorstellung messen, welchen sie bei der

Fragebogenkonstruktion zugewiesen wurden (Bortz & Schuster, 2011, S. 385). Außerdem geben die daraus resultierenden Ergebnisse Auskünfte über die Angemessenheit der Operationalisierung. Angesichts dieser erläuterten Gründe wurde eine Faktorenanalyse der Items, die anhand einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet wurden und der fachlich richtigen und der theistischen Denkweise zugeordnet wurden, durchgeführt. Durch die Berechnung der Signifikanz nach Bartlett und das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin (Tabelle 6) konnte belegt werden, dass die Gesamtheit der gewählten Faktoren für eine Faktorenanalyse geeignet ist. Außerdem beweisen die Komunalitäten eine sinnvolle Verwendbarkeit der einzelnen Faktoren. Diese Qualitätstests verdeutlichen die Sinnhaftigkeit einer Faktorenanalyse, welche nun genauer präsentiert wird. Es stellte sich heraus, dass das Item KD01_02 keinen gemeinsamen Faktor mit dem Kreationismus besitzt, sondern der Erhebung der wissenschaftlichen Vorstellung nach Darwin dient. Dies war vorhersehbar, da davon ausgegangen wurde, dass nur die Ablehnung der Beweisbarkeit der Evolution von Lebewesen der theistischen Denkweise entspricht. Dennoch wird dieses Item (KD01_02) gemäß der Faktorenanalyse bei der Analyse der Ergebnisse zur wissenschaftlich korrekten Vorstellung gezählt. Die Faktorenanalyse teilt die ausgewählten Items drei verschiedenen Komponenten zu. Um welche es sich dabei genauer handelt, kann der Tabelle 7 entnommen werden. Die Items KD01_02, DW01_01 und DW01_02 werden in dieser Arbeit folglich zur Ermittlung der Vorstellungen zur Evolutionstheorie nach Charles Darwin verwendet. Die anderen vier, welche der Abfrage der kreationistischen Denkweise dienen, werden nochmals in zwei weitere Komponenten unterteilt. KD01_01 und KD01_04 beziehen sich dabei auf die religiöse Sichtweise der Evolution, während KD01_03 und KD01_05 die Vorstellungen zum Alter der Erde und zur Entstehung der Lebewesen ermitteln. Aufgrund der Ergebnisse einer weiteren Faktorenanalyse mit den jeweiligen Items nur eines Präkonzeptes (Tabelle 8), bei welcher alle Werte über 0,5 liegen, und der Zugehörigkeit der Komponenten zwei und drei zum Kreationismus, erfolgt nur eine Unterteilung in zwei Gruppen – Kreationismus und Evolutionstheorie Darwins.

Tabelle 6: KMO-Test, Bartlett-Test und Kommunalitäten

KMO- und Bartlett-Test		
Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin		0,634
Signifikanz nach Bartlett		0,000
Kommunalitäten		
Items	Anfänglich	Extraktion
DW01_01	1,000	0,574
DW01_02	1,000	0,542
KD01_01	1,000	0,736
KD01_02	1,000	0,519
KD01_03	1,000	0,532
KD01_04	1,000	0,634
KD01_05	1,000	0,667

Tabelle 7: Rotierte Komponentenmatrix von sieben Items

Items	Komponente		
	1	2	3
DW01_01	0,746		
DW01_02	0,677		
KD01_01		0,857	
KD01_02	0,640	-0,313	
KD01_03			0,700
KD01_04		0,697	0,366
KD01_05			0,816

Tabelle 8: Rotierte Komponentenmatrix der Items zum Kreationismus und zu Darwin separat voneinander

Items	Komponente 1 (Kreationismus)	Items	Komponente 1 (Darwin)
KD01_01	0,607	KD01_02	0,704
KD01_03	0,638	DW01_01	0,721
KD01_04	0,765	DW01_02	0,659
KD01_05	0,572		

7.2. Soziodemografie und Religiosität

Insgesamt haben 311 Schüler*innen des Gymnasiums und des Realgymnasiums Rahlgasse bei der Befragung teilgenommen. Nach Ausscheidung aller unvollständiger Fragebögen befanden sich darunter 140 weibliche, 119 männliche

und 4 diverse Teilnehmer*innen. Die Altersspanne reichte dabei von zehn bis neunzehn Jahre. Knapp die Hälfte der Teilnehmer*innen gab an, konfessionslos zu sein. 27,8 % der Schüler*innen gab das römisch-katholische und 5,7 % die evangelische Konfessionszugehörigkeit an. Alle anderen Religionen kamen auf einen Anteil von unter 5 %. Um welche Religionen es sich dabei genau handelt, kann der Tabelle 9 entnommen werden. Die neun Schüler*innen, die sich zu keiner der aufgelisteten Glaubensbekenntnisse zugehörig fühlten, ergänzten diese schriftlich. Darunter befanden sich folgende Konfessionen: armenisch-orthodox, jüdisch, Zeugen Jehovas, armenisch-apostolisch, Hinduismus und Durzi⁴².

Tabelle 9: Häufigkeitstabelle der Konfessionszugehörigkeit

Glaubensbekenntnis	Häufigkeit	Prozent
römisch-katholisch	73	27,8
christlich-orthodox	9	3,4
muslimisch	12	4,6
evangelisch	15	5,7
alevitisch	3	1,1
buddhistisch	1	0,4
atheistisch	11	4,2
ohne Bekenntnis	130	49,4
anders	9	3,4
Gesamt	263	100

Um die Religiosität der Schüler*innen zu erfassen, wurde folgendes Item erstellt und über eine fünfstufige Likert-Skala bewertet: „Meine Religion ist mir sehr wichtig.“ Welche Antwort welcher Interpretation entspricht, kann der untenstehenden Tabelle entnommen werden.

⁴² mehr zur Religionsgemeinschaft der Drusen kann in der Enzyklopädie des Islams nachgelesen werden. <http://www.eslam.de/begriffe/d/drusen.htm>

Tabelle 10: Interpretation zur Bewertung der Wichtigkeit der Religion

Antwort	Interpretation
stimme gar nicht zu	sehr niedriger religiöser Glaube
stimme eher nicht zu	niedriger religiöser Glaube
weder noch	indifferente Position
stimme eher zu	eher hoher religiöser Glaube
stimme völlig zu	hoher religiöser Glaube

Mehr als der Hälfte der befragten Schüler*innen ist Religion nicht wichtig. Das bedeutet, sie haben einen niedrigen oder sehr niedrigen Bezug zur Religion. Dieses Ergebnis stellt nach der Betrachtung der Verteilung der Glaubensbekenntnisse keine Überraschung dar, aufgrund der überwiegenden Schüler*innen ohne Bekenntnis. Aus den Ergebnissen wurde ersichtlich, dass insgesamt 78 % der Konfessionslosen nicht religiös sind. Dem gegenüber stehen die muslimischen Teilnehmer*innen, von welchen alle angegeben haben, einen eher hohen oder hohen religiösen Glauben zu vertreten.

Von den insgesamt 263 vollständig beantworteten Fragebögen können 125 der Unterstufe und 138 der Oberstufe zugeteilt werden. Bezuglich der Religiosität der Schüler*innen konnten zwischen diesen Gruppen kaum Unterschiede festgestellt werden. Sowohl in der Unter- als auch in der Oberstufe ist nur 22 % der Schüler*innen Religion wichtig. Eine minimale Abweichung gibt es hinsichtlich des niedrigen und sehr niedrigen religiösen Glaubens. 10 % der Oberstufenschüler*innen ist Religion weniger wichtig als den Unterstufenschüler*innen. Bei der Zusammenfassung von jeweils zwei Schulstufen wurde ersichtlich, dass je ein Viertel der Schüler*innen der ersten und zweiten Klassen und der siebten und achten Klassen Religion wichtig ist. In den anderen Klassen ist die Religion für die Teilnehmer*innen eher weniger wichtig. Deren Anteil ist ungefähr 5 % niedriger als der bei den beiden untersten und obersten Schulstufen.

7.3. Kreationistische Denkweise

Die Antworten aller Schulstufen zu den Items des Kreationismus (KD01_01, KD01_03, KD01_04, KD01_05) zeigen eine überwiegende Ablehnung dieser Vorstellung. Genauer genommen stimmten im Mittel 75 % der Schüler*innen den Aussagen gar nicht oder eher nicht zu. Betrachtet man die Ergebnisse der Unterstufe und Oberstufe miteinander, können Abweichungen zwischen der Häufigkeit der theistischen Denkweise festgestellt werden (Tabelle 11). Zu einem Abfall kam es in der Sekundarstufe 2. Genauer genommen sank die Anzahl der kreationistischen Präkonzepte in der Oberstufe um 3 %, während die Ablehnung um 9 % zunahm. Der größte Zuwachs an Ablehnung konnte beim Übergang der ersten und zweiten zu den dritten und vierten Klassen (7 %) festgestellt werden. Demnach konnten diese Items zeigen, dass die theistische Denkweise alle zwei Schulstufen an Häufigkeit abnimmt, bis sie in den siebten und achten Klassen nur noch bei 11 % völlige oder teilweise Zustimmung erhielt. Nicht nur bei den Items mit einer fünfstufigen Skala, sondern auch bei den Single-Choice Fragen gab es eine kontinuierliche Abnahme dieser Alltagsvorstellung. Außerdem war das kreationistische Präkonzept bei diesem Fragetyp verhältnismäßig mehr ausgeprägt.

Tabelle 11: Völlige und teilweise Zustimmung zu den kreationistischen Items in Prozent

Item	KD01_01	KD01_03	KD01_04	KD01_05
1. & 2. Klasse (n = 60)	25	13	8	18
3. & 4. Klasse (n = 65)	20	6	11	17
5. & 6. Klasse (n = 84)	19	7	5	19
7. & 8. Klasse (n = 54)	26	0	4	13
Differenz Klassen 1 & 2 und 7 & 8	1	-13	-4	-5

Aufgrund des unterschiedlichen Bekanntheitsgrades der verwendeten Beispiele in den Single-Choice Items und der Verwendung von zoologischen (SC01 Giraffen, SC02 Geparde, SC04 Galapagos-Finken) sowie botanischen Beispielen (SC03 Venusfliegenfalle) sollte gezeigt werden, ob das Antwortverhalten konstant ist und somit immer die gleiche Alltagsvorstellung gewählt wird oder nicht. Dabei stellte sich heraus, dass die Präkonzepte variieren (Abbildung 4). Dies traf auch auf die

kreationistische Denkweise zu. In der Unterstufe war der Kreationismus vermehrt bei den zoologischen Items zu finden, während er in der Oberstufe sowohl bei den botanischen als auch bei den zoologischen annähernd zum gleichen Prozentsatz vertreten war (Tabelle 18).

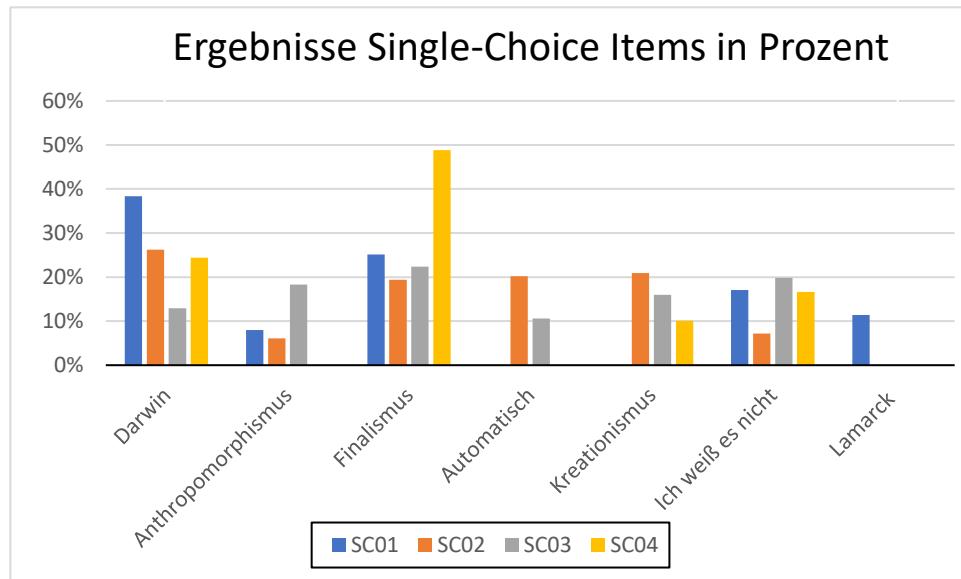


Abbildung 4: Ergebnisse der Single-Choice Items

$n = 263$ (SC01, SC02, SC03); $n = 217$ (SC04); SC01 = Giraffen; SC02 = Geparde; SC03 = Venusfliegenfalle; SC04 = Galapagos-Finken

Fasst man die Ergebnisse aller Items zusammen, so wurde ersichtlich, dass die theistische Denkweise gemeinsam mit der notwendigen automatischen Anpassung zu den am wenigsten unter den Schüler*innen vorkommenden Alltagsvorstellungen gehörten. Durchschnittlich hatten 16 % der Teilnehmer*innen kreationistische Vorstellungen zur Evolution.

7.4. Finalistische Denkweise

Rund 80 % der Schüler*innen vertraten die Aussage, dass Anpassung geschieht, weil sich die einzelnen Lebewesen anpassen müssen (FN01_01). Vergleichsweise zu den anderen Präkonzepten, die mit einer fünfstufigen Skala abgefragt wurden, stellte die finalistische Denkweise mit einer völligen oder teilweisen Zustimmung von

über drei Viertel der Teilnehmer*innen eindeutig die häufigste Alltagsvorstellung dar. Sowohl in der Unterstufe (80 %) als auch in der Oberstufe (81 %) fand das Alltagskonzept einer zielgerichteten Anpassung große Zustimmung. Dieses Präkonzept war aber insgesamt in den siebten und achten Klassen am wenigsten ausgeprägt (Tabelle 12). Die 81 % stellen nur einen Mittelwert dar, der durch die außerordentlich hohe Zustimmung in den fünften und sechsten Klassen (88 %) zustande kommt. Zusammenfassend war der Finalismus auch am Ende der Schullaufbahn mit einem Anteil von 70 % sehr ausgeprägt.

Tabelle 12: Völlige und teilweise Zustimmung zum finalistischen Item in Prozent

Item	FN01_01
1. & 2. Klasse (n = 60)	75
3. & 4. Klasse (n = 65)	85
5. & 6. Klasse (n = 84)	88
7. & 8. Klasse (n = 54)	70
Differenz Klassen 1 & 2 und 7 & 8	-5

Ebenfalls bei den vier Single-Choice Fragen ist die starke und konstante Präsenz der Vorstellung einer zielgerichteten genetischen Anpassung auffällig, was deutlich in Abbildung 5 zu sehen ist. Bei zweien der Items (SC03 Venusfliegenfalle, SC04 Galapagos-Finken) war der Finalismus am häufigsten vertreten. An zweiter Stelle, nach der fachlich korrekten Vorstellung, liegt er bei den anderen beiden Fragen (SC01 Giraffen, SC02 Geparde). Insgesamt waren die richtigen Antworten bei den Single-Choice Fragen in der Oberstufe häufiger vertreten als die teleologischen, wobei es in der Unterstufe genau umgekehrt war. Weiters zeigt sich im Bezug zum Finalismus eine unregelmäßige Entwicklung. Zuerst wird bis zum Ende der Unterstufe die Anzahl der Schüler*innen, mit teleologischer Denkweise größer, sinkt in der fünften und sechsten Klasse auf den anfänglichen Wert der ersten und zweiten Klasse (28 %) und nimmt schließlich bis zur Reifeprüfung kontinuierlich ab. Gleichfalls zeigte sich bei der Antwortmöglichkeit, die von einer notwenigen automatischen Anpassung ausgeht, eine wechselhafte Veränderung. Während 17 % der Schüler*innen, die die erste oder zweite Klasse besuchten, diese Alltagsvorstellung wählten, betrug die Anzahl in den folgenden zwei Schulstufen im

Mittel um 5 % mehr. Erst in der Sekundarstufe 2 konnte eine Abnahme dieses Präkonzeptes festgestellt werden, wobei in den letzten beiden Klassen vor der Reifeprüfung erneut ein minimaler Anstieg der Häufigkeit erkannt wurde.

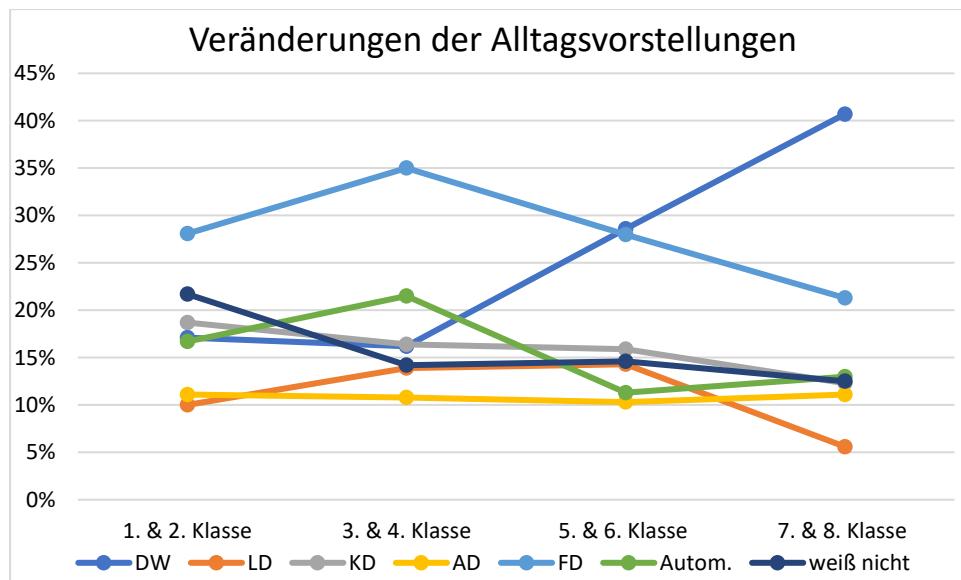


Abbildung 5: Veränderungen der Alltagsvorstellungen mit steigender Schulstufe hinsichtlich der Single-Choice Items

DW = Darwin; LD = lamarckistische Denkweise; FD = finalistische Denkweise; AD = anthropomorphe Denkweise; KD = kreationistische Denkweise; Autom. = automatische Anpassung

Beim Vergleich der Antworten der zoologischen und botanischen Items konnte festgestellt werden, dass die befragten Schüler*innen durchschnittlich mehr finalistische Vorstellungen bei tierischen Kontexten haben (Abbildung 4, S. 72). Abgesehen von der fachlich korrekten Vorstellung und des Anthropomorphismus wurden alle untersuchten Präkonzepte zur evolutionären Entstehung von tierischen oder pflanzlichen Merkmalen oder auch Eigenschaften in der Sekundarstufe 2 weniger. Die größte Differenz wurde mit einem Abfall von 8 % bei der teleologischen Denkweise festgestellt. Zusätzlich zeigten die Ergebnisse, dass in der Oberstufe bei den teleologischen Präkonzepten kaum mehr zwischen verschiedenen Kontexten unterschieden wurde und demnach die Antworten hinsichtlich der tierischen und zoologischen Beispiele nur mehr um 5 % voneinander abwichen. Diese Entwicklung kam dadurch zustande, dass die Häufigkeit des Finalismus bei der Venusfliegenfalle

fast gleichbleibend war, während sie bei den tierischen Items abnahm. Das bedeutet, dass die Vorstellung einer zielgerichteten genetischen Anpassung grundsätzlich bei der evolutionären Entstehung zoologischer Merkmale präsenter war. Dasselbe traf auf die Alltagsvorstellung der automatischen Anpassung aus Notwendigkeit zu. Genauer genommen wählten durchschnittlich 9 % mehr Teilnehmer*innen diese Antwortmöglichkeit bei den tierischen Kontexten. Grundsätzlich konnte aber eine Reduzierung der Häufigkeit dieses Präkonzeptes von der Sekundarstufe 1 auf 2 festgestellt werden.

7.5. Lamarckistische Denkweise

Die Ergebnisse des Fragebogens zeigten, dass 74 % der Befragten an die Vererbung ererbener Merkmale an die nächste Generation und an die Veränderung von Körperteilen durch intensivere Beanspruchung (LK01) glaubten (Tabelle 13). Sowohl dieses Präkonzept als auch der Finalismus stießen insgesamt auf mehr Zustimmung als die Items zur Evolutionstheorie nach Darwin (DW01_01, DW01_02, KD01_02), welche die evolutionäre Entwicklung von Menschen und Tieren und die Möglichkeit der wissenschaftlichen Erklärung der Evolution beinhalten. Hinsichtlich der Bewertung der Items mit einer fünfstufigen Skala konnte festgestellt werden, dass beim Vergleich der Antworten der Unterstufe mit der Oberstufe alle Alltagskonzepte bis auf das lamarckistische und die fachlich korrekte Vorstellung weniger geworden sind. Diese vermehrte Ausprägung des Lamarckismus mit steigender Schulstufe konnte auch beim Single-Choice Item für die Entstehung der langen Hälse der Giraffe ermittelt werden (Abbildung 5, S. 74). Jedoch erfolgte dieses Wachstum nur bis zum Ende der 6. Klasse. Ab diesem Zeitpunkt gab es einen starken Abfall der Anzahl an lamarckistischen Antworten. Alles in allem stimmten 43 % der Befragten und somit fast die Hälfte zu, dass der Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen zu morphologischen Veränderungen führt, die an die nächste Generation weitergegeben werden können.

Bei genauerer Betrachtung der Veränderungen der lamarckistischen Denkweise sieht man in der Unterstufe einen Anstieg von 13 % und am Übergang zur Oberstufe konnte eine Zunahme von weiteren 12 % ermittelt werden (Tabelle 13). Das bedeutet, dass die Häufigkeit des Lamarckismus unter den Schüler*innen bis zur

zehnten Schulstufe stetig anstieg. Erst in den letzten zwei Klassen vor der Reifeprüfung ist eine Stagnation der Zunahme erkennbar. Mit einem 27%ig höheren Anteil an Achtklässler*innen, die an die Vererbung erworbener Merkmale glauben, konnte beim Vergleich mit den Erstklässler*innen mittels Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied berechnet werden ($p < 0,05$).

Tabelle 13: Völlige und teilweise Zustimmung zum lamarckistischen Item in Prozent

Item	LK01
1. & 2. Klasse (n = 60)	58
3. & 4. Klasse (n = 65)	71
5. & 6. Klasse (n = 84)	83
7. & 8. Klasse (n = 54)	82
Mittelwert	74

7.6. Anthropomorphe Denkweise

Gleich wie die Items des Kreationismus, die mit einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet wurden, stieß auch der Anthropomorphismus auf große Ablehnung und dies von fast der Hälfte (49 %) der Teilnehmer*innen. Die Vorstellung, dass sich eine Art verändert, weil die einzelnen Lebewesen sich entwickeln wollen (AD02_01) war, in der Oberstufe weniger unter den Schüler*innen verbreitet als in der Unterstufe. Genauer genommen sank die Anzahl der anthropomorphen Denkweisen um 11 %. Auffällig ist, dass die Zustimmung des Items zum Anthropomorphismus (AD02_01) in allen Klassen zwischen 38 % und 39 % lag, ausgenommen in den siebten und achten Klassen, bei welchen plötzlich nur noch 16 % der Teilnehmer*innen diese Denkweise vertraten (Tabelle 14). Grundsätzlich handelt es sich bei diesem Präkonzept gemeinsam mit dem theistischen um das am wenigsten vorkommende unter den untersuchten Alltagsvorstellungen.

Tabelle 14: Völlige und teilweise Zustimmung zum anthropomorphen Item in Prozent

Item	AD02_01
1. & 2. Klasse (n = 60)	38
3. & 4. Klasse (n = 65)	39
5. & 6. Klasse (n = 84)	39
7. & 8. Klasse (n = 54)	17
Differenz Klassen 1 & 2 und 7 & 8	-21

Ebenfalls war der Anthropomorphismus mit seinen durchschnittlichen 11 % unter den Single-Choice Items am wenigsten vertreten (Abbildung 5, S. 74). Zusätzlich wurden auch die geringsten Veränderungen jeweils in allen zwei Schulstufen konstatiert. Denn lediglich Schwankungen von +- 1 % wurden bei der anthropomorphen Denkweise sichtbar. Setzt man die unterschiedlichen Single-Choice Fragen miteinander in Beziehung, wurde eine deutlich stärkere Ausprägung des Anthropomorphismus (+11 %) hinsichtlich der evolutionären Entwicklung botanischer Merkmale festgestellt, während sie bei den zoologischen Beispielen gleich geblieben ist (Abbildung 4, S. 72).

7.7. Wissenschaftlich korrekte Vorstellung (Darwin)

Bei den Items zur evolutionären Entwicklung von Menschen und Gänseblümchen und der Beweisbarkeit der Evolution von Lebewesen (DW01_01, DW01_02, KD01_02), die mittels einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet wurden, konnte im Durchschnitt bei 73 % der Befragten eine fachlich korrekte Vorstellung nachgewiesen werden. Dieser Wert liegt verglichen zum Item des Finalismus (FN01_01) mit einer Zustimmung von 81 %, niedriger. Bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Schulstufen wird ein kontinuierlicher Anstieg der Häufigkeit an richtigen Antworten ersichtlich. Das bedeutet, dass diese Vorstellung mit zunehmender Schulbildung mehr wird. Genauer genommen gibt es einen 17%igen Anstieg von den ersten und zweiten Klassen auf die siebten und achtten (Tabelle 15). Insgesamt beantworteten die Schüler*innen der letzten beiden Schulstufen vor der Reifeprüfung 82 % der Items mit einer fünfstufigen Skala zu den fachwissenschaftlich korrekten Präkonzepten richtig.

Tabelle 15: Völlige und teilweise Zustimmung zu den fachwissenschaftlich korrekten Items in Prozent

Item	KD01_02	DW01_01	DW01_02	Mittelwerte
1. & 2. Klasse (n = 60)	78	73	43	65
3. & 4. Klasse (n = 65)	91	74	39	68
5. & 6. Klasse (n = 84)	95	89	51	78
7. & 8. Klasse (n = 54)	95	78	73	82
Differenz Klassen 1 & 2 und 7 & 8	+8	+5	+30	+17

Zwei Items (DW01_01, DW01_02) sind ident formuliert, nur einmal wird nach der evolutionären Entwicklung des Menschen gefragt und einmal nach der des Gänseblümchens. Klar erkennbar in der untenstehenden Tabelle 16 ist eine vermehrte indifferente Positionierung bezüglich der Evolution des Gänseblümchens. Daraus resultiert insgesamt eine geringere Zustimmung, dass die Gänseblümchen das Ergebnis evolutionärer Prozesse über mehrere Millionen Jahre sind.

Tabelle 16: Vorstellung zur evolutionären Entwicklung von Menschen und Gänseblümchen in Prozent

Items	fünfstufige Likert-Sala				
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu
DW01_01: Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.	6	5	10	35	45
DW01_02: Gänseblümchen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.	3	15	31	38	13
Differenz	-3	+10	+21	+3	-32

Außerdem ist die deutlich geringere Zustimmung zur Evolution des Gänseblümchens (DW01_02) im Vergleich zum Menschen (DW01_01) auffällig (Tabelle 16), wobei die Differenz in den siebten und achten Klassen am geringsten ist (3 %). Demnach gibt es eine graduelle Annäherung der Antworten der beiden Items, was einer schnelleren Zunahme der richtigen Vorstellung zur Evolution von Pflanzen im Vergleich zur Evolution von Menschen entspricht (Tabelle 17). Wenn man nicht die Verteilung der Antworten betrachtet, sondern die Ergebnisse nach der fünfstufigen

Skalierung vergleicht, stellt sich heraus, dass die Schüler*innen der Oberstufe summa summarum mehr Zustimmung zu beiden Items zeigten.

Tabelle 17: Vorstellung der Unter- und Oberstufe zur evolutionären Entwicklung von Menschen und Gänseblümchen in Prozent

DW01_01: Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.	fünfstufige Likert-Sala				
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu
Unterstufe (n = 125)	8	4	14	35	38
Oberstufe (n = 138)	4	5	7	35	50
Differenz	-4	+1	-7	0	+12
DW01_02: Gänseblümchen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.					
Unterstufe (n = 125)	4	21	34	34	6
Oberstufe (n = 138)	3	10	28	41	18
Differenz	-1	-11	-6	+7	+12
Differenz Mittelwerte DW01_01 & DW01_02	2	11	21	3	32

Unter den Single-Choice Items waren die richtigen Antworten und die finalistischen am häufigsten zu finden. Insgesamt waren die wissenschaftlich korrekten Vorstellungen in der Oberstufe häufiger vertreten als die teleologischen, wobei in der Unterstufe die Verteilung genau umgekehrt war (Abbildung 5, S. 74). Während es in der Sekundarstufe 1 keine konzeptuellen Veränderungen hin zum fachlichen Wissen gab, wurden die korrekten Vorstellungen in der Sekundarstufe 2 umso größer. Bei den Single-Choice Fragen konnte ein Anstieg des fachlichen Wissens um 12 % von den fünften und sechsten auf die siebten und achten Klassen erkannt werden. Eine kontinuierliche Zunahme der beiden Schulstufen konnte angesichts dieser Ergebnisse bei keiner der untersuchten Präkonzepte, nicht einmal bei der fachlich korrekten Vorstellung, festgestellt werden. Einzig bei den evolutionären Entwicklungen von tierischen Merkmalen oder Eigenschaften (SC01 Giraffen, SC02

Geparde, SC04 Galapagos-Finken) wurde eine kontinuierliche Zunahme der richtigen Antworten beobachtet.

Vergleicht man die Präkonzepte zur evolutionären Entstehung von tierischen oder pflanzlichen Merkmalen oder auch Eigenschaften hinsichtlich Unterstufe und Oberstufe, so wurden unterschiedliche Ausprägungen der fachlich korrekten Vorstellung ersichtlich. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die wissenschaftlich korrekten Antworten bei den tierischen Beispielen um fast 20 % häufiger vorkamen als bei den botanischen. Die größten Unterschiede zwischen den botanischen und zoologischen Präkonzepten gab es in den fünften und sechsten Klassen (21 %), die geringsten in den ersten und zweiten Klassen (9 %) (Tabelle 18). Ein 16%iger Anstieg der fachlich richtigen Antworten, unabhängig vom Kontext, wurde bei den Teilnehmer*innen der Oberstufe, im Vergleich zu den Unterstufenschüler*innen, ersichtlich. Ein Aspekt, den sowohl die botanischen als auch die zoologischen Single-Choice Fragen gemeinsam haben, ist die häufigere fachlich richtige Beantwortung in der Oberstufe.

Tabelle 18: Vergleich der Häufigkeit der Präkonzepte bezüglich der botanischen und zoologischen Beispiele in Prozent

DW = Darwin; FD = finalistische Denkweise; AD = anthropomorphe Denkweise; KD = kreationistische Denkweise; Autom. = automatische Anpassung

Klassen		1. & 2. Klasse (n = 60)		3. & 4. Klasse (n = 65)	
Single-Choice Items		botanisch	zoologisch	botanisch	zoologisch
DW		10	19	2	21
AD		23	5	15	9
KD		15	21	17	16
FD		13	33	32	36
Autom.		12	22	19	25
weiß nicht		27	20	15	14
Klassen		5. & 6. Klasse (n = 84)		7. & 8. Klasse (n = 54)	
Single-Choice Items		botanisch	zoologisch	botanisch	zoologisch
DW		13	34	30	44
AD		18	7	17	8
KD		21	13	7	15
FD		21	30	22	21
Autom.		5	18	9	17
weiß nicht		21	12	15	11

Die fachlich korrekten Antworten der Single-Choice Fragen beinhalten verschiedene evolutionäre Mechanismen. Dabei handelt es sich um die zufällige Mutation, die sexuelle Fortpflanzung, die sexuelle Selektion und „*survival of the fittest*“. Die ersten beiden Prozesse sind für die genetische Variation essenziell. Von diesen genotypischen- als auch phänotypischen Unterschieden ist sowohl die sexuelle Selektion als auch die grundsätzliche Überlebenschance abhängig. Vergleicht man die Ergebnisse hinsichtlich dieser erwähnten Mechanismen, so wird ersichtlich, dass die Antwortmöglichkeiten, die das Überleben der am besten angepassten Organismen beinhalten, weniger häufig ausgewählt wurden als die der nicht angepassten Organismen. Wie man der Tabelle 19 entnehmen kann, wurde von den vier Mechanismen der sexuellen Fortpflanzung insgesamt am wenigsten Bedeutung für die Evolution zugemessen. Außerdem konnte auch ein Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren festgestellt werden. Beim Beispiel der Venusfliegenfalle wurden im Gegensatz zu den Geparden um 13 % weniger wissenschaftlich korrekte Antworten ausgewählt.

Tabelle 19: Häufigkeit der Vorstellungen zu evolutionären Mechanismen in Prozent

SC01 = Giraffen; SC02 Geparde; SC03 Venusfliegenfalle; SC04 Galapagos-Finken

Items	Mutation survival of the fittest sexuelle Selektion	Mutation sexuelle Selektion	sexuelle Fortpflanzung
SC01	x	38	x
SC02	27	x	x
SC03	13	x	x
SC04	x	14	10
Mittelwert	20	26	10

Betrachtet man diese präsentierten evolutionären Mechanismen nach Charles Darwin in Bezug auf die Sekundarstufe 1 und 2, so stellte sich heraus, dass sich die Schüler*innen der Oberstufe eindeutig häufiger für die Mutation, die sexuelle Selektion und das Prinzip des „*survival of the fittest*“ entschieden haben als die der Unterstufe (Tabelle 20). Genauer genommen gab es in der Sekundarstufe 2 einen 17%igen Anstieg der Vorstellung, dass der am besten angepasste mehr Überlebenschancen hat. Auch die Antworten, die die zufällige Mutation und die

sexuelle Selektion erklären, haben zugenommen. Einzig die Beantwortung, die die sexuelle Fortpflanzung beinhaltet, sank in der Oberstufe um 4 %. Überraschenderweise bleibt die unterschiedliche Meinung zwischen der Evolution von Merkmalen der Geparde und der Venusfliegenfalle auch in der Sekundarstufe 2 erhalten. Überdies ist diese vom Kontext abhängige Vorstellung in der Oberstufe noch dominanter. Während sich die korrekten Antworten zum Geparden und der Venusfliegenfalle in der Unterstufe um 10 % unterschieden, betrugt die Differenz in der Oberstufe 16 %.

Tabelle 20: Häufigkeit der Vorstellungen zu evolutionären Mechanismen in Prozent und Differenz der Mittelwerte der Unterstufe und Oberstufe

SC01 = Giraffen; SC02 = Geparde; SC03 = Venusfliegenfalle; SC04 = Galapagos-Finken

Schulstufe	Items	Mutation survival of the fittest sexuelle Selektion	Mutation sexuelle Selektion	sexuelle Fortpflanzung
Unterstufe	SC01	x	25	x
	SC02	16	x	x
	SC03	6	x	x
	SC04	x	6	13
Oberstufe	SC01	x	51	x
	SC02	36	x	x
	SC03	20	x	x
	SC04	x	19	9
Differenz Mittelwerte Unterstufe & Oberstufe		+17	+20	-4

7.8. Zusammenfassung der Ergebnisse aller Items

Fasst man alle Items, die mittels fünfstufiger Skala beantwortet wurden und das gleiche Präkonzept abfragen, mit den Single-Choice Fragen zusammen, ist die am häufigsten vorkommende Alltagsvorstellung unter den Schüler*innen die fachlich korrekte (44 %). Mit 43 % belegt der Lamarckismus den zweiten und der Finalismus mit 39 % den dritten Platz (Abbildung 6). Der Kreationismus ist das Alltagskonzept, das insgesamt unter den Befragten am wenigsten vorkam. In diesem Kontext ist es wichtig hervorzuheben, dass die untersuchten Präkonzepte von einer

unterschiedlichen Anzahl an Items erhoben wurden. Die genaue Zuordnung der Items zu den Präkonzepten kann der Tabelle 21 entnommen werden. Die wissenschaftliche Vorstellung nach Darwin wurde anhand sieben, der Lamarckismus anhand zwei und der Finalismus anhand fünf Items erhoben. Aus diesem Grund ist der Vergleich dieser Mittelwerte nicht vollständig aussagekräftig.

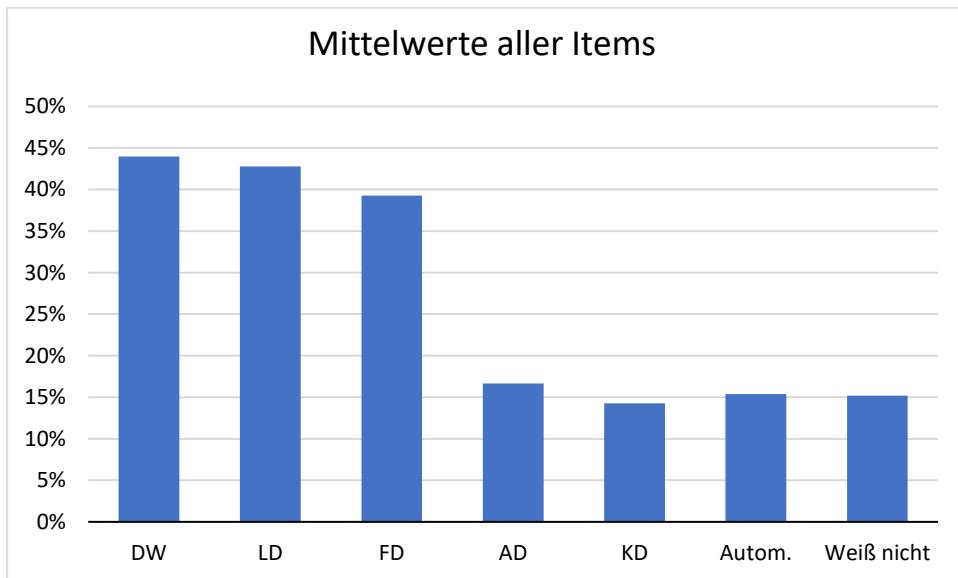


Abbildung 6: Mittelwerte aller Items zu den verschiedenen Präkonzepten

DW = Darwin; LD = lamarckistische Denkweise; FD = finalistische Denkweise; AD = anthropomorphe Denkweise; KD = kreationistische Denkweise; Autom. = automatische Anpassung

Tabelle 21: Zuteilung der Items zu den Präkonzepten

DW = Darwin; LD = lamarckistische Denkweise; FD = finalistische Denkweise; AD = anthropomorphe Denkweise; KD = kreationistische Denkweise; autom. = automatische Anpassung

Präkonzept	DW	LD	FD	AD	KD	autom.	weiß nicht
Items	KD01_03 DW01_01 DW 01_02 SC01 SC02 SC03 SC04	LK01 SC01 SC02 SC03 SC04	FN01_01	AD02_01	KD01_01 KD01_03 KD01_04 KD01_05 SC02 SC03 SC04	SC02 SC03	SC01 SC02 SC03 SC04
Gesamtanzahl	7	2	5	4	7	2	4

Manche Präkonzepte wurden in der Oberstufe häufiger und manche weniger. Einen visuellen Überblick über die Daten soll die Abbildung 7 schaffen. Bei genauerer Betrachtung ist die Zunahme der fachlich korrekten Vorstellung mit 15 % und die des Lamarckismus um 8 % am deutlichsten zu erkennen. Insgesamt haben in der Sekundarstufe 2 etwas mehr als die Hälfte der Schüler*innen die richtigen Antworten ausgewählt. Alle noch nicht erwähnten Präkonzepte wurden in der Sekundarstufe 2 weniger, wobei man hier wieder zwischen der Größenordnung des prozentuellen Rückganges unterscheiden kann, welcher nur sehr gering ist. Die Anzahl der Denkweise zur automatischen Anpassung erfuhr eine Verminderung von 8 %, der Finalismus eine um 6 %, der Kreationismus eine um 3 % und der Anthropomorphismus eine um 2 %. Betrachtet man diese Ergebnisse, sind die Unterschiede zwischen den Alltagsvorstellungen der Sekundarstufe 1 und 2 hinsichtlich der Evolution nur gering. Neben der wissenschaftlich korrekten Vorstellung sind auch die lamarckistische- und die teleologische Denkweise häufig in der Oberstufe vertreten. Mit den Mittelwerten von 43 % und 37 % sind sie neben der wissenschaftlichen Vorstellung (53 %) häufige parallel vorkommende Wissensstände.

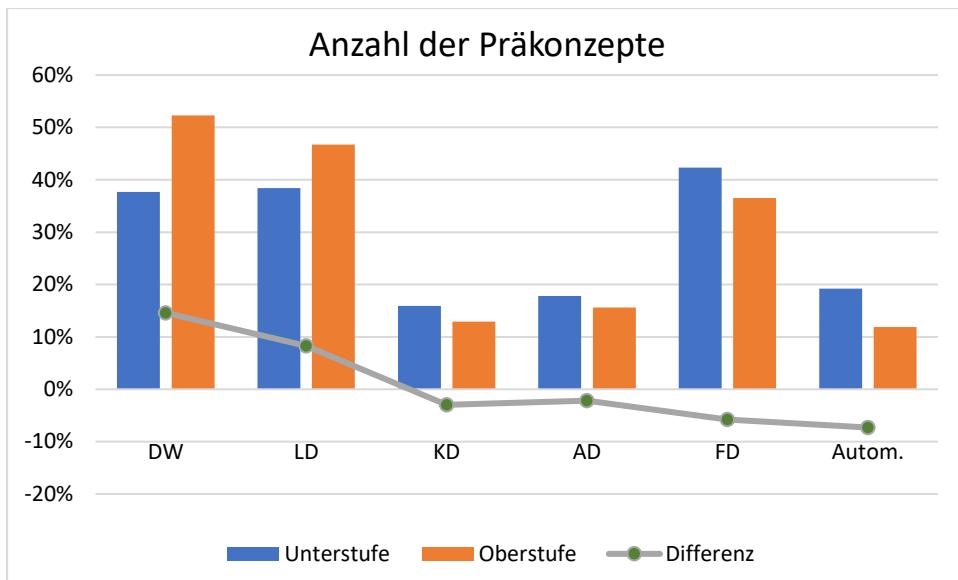


Abbildung 7: Mittelwerte der Häufigkeit an Präkonzepten in der Unterstufe und Oberstufe

DW = Darwin; LD = lamarkistische Denkweise; FD = finalistische Denkweise; AD = anthropomorphe Denkweise; KD = kreationistische Denkweise; Autom. = automatische Anpassung

7.9. Korrelationen

Für die Ermittlung der Korrelationen zwischen den Items wurde eine Übersichtstabelle erstellt (Tabelle 32). Darin wurde jedes Item des Fragebogens mit jedem anderen kombiniert und auf Zusammenhänge untersucht. Ersichtlich wurden einige signifikante Unterschiede, jedoch stehen fast alle Items nur in einem schwachen bis mittleren Zusammenhang. Aufgrund der großen Anzahl an ermittelten Korrelationen wird in diesem Kapitel nur selektiv auf die für diese Arbeit relevantesten eingegangen.

Die durchgeführte Analyse zeigte einige Korrelationen hinsichtlich der Religiosität der Befragten. Der stärkste signifikante Zusammenhang ($p < 0,005$) konnte zwischen dem Glaubensbekenntnis und der Wichtigkeit der Religion festgestellt werden (Tabelle 22). Der Kontingenzkoeffizient⁴³ von $\chi^2 = 0,645$ deutet auf einen starken Zusammenhang dieser beiden Faktoren hin. Auch der Cramers V⁴⁴ Wert ($V = 0,422$)

⁴³ Kontingenzkoeffizient: Maß zur Charakterisierung des Zusammenhangs zweier nominalskalierten Merkmale (Bortz & Schuster, 2011, S. 180).

⁴⁴ Cramers V: gibt Auskunft über den statistischen Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren nominalskalierten Variablen (Benning, 2020)

zeigt eine Korrelation an, jedoch entspricht das Ergebnis nur einem mittleren Effekt. Insgesamt kann deshalb von einem mittleren bis starken Zusammenhang des Religionsbekenntnisses mit der Wichtigkeit der Religion ausgegangen werden. Signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen den muslimischen Teilnehmer*innen im Vergleich zu den römisch-katholischen und konfessionslosen konnten mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests festgestellt werden (Tabelle 23). Diese nichtparametrischen Tests wurden gewählt, weil die Daten nicht normalverteilt sind. Dadurch können Aussagen über die Stärke der Zusammenhänge getroffen werden, jedoch nicht über die Richtung. Genauer genommen bedeutet dies, dass nicht festgestellt werden kann, ob es sich um eine positive oder negative Korrelation handelt.

Tabelle 22: Korrelationen zwischen Konfessionszugehörigkeit und Wichtigkeit der Religion

Symmetrische Maße		Näherungsweise Signifikanz
	Wert	
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi Cramer-V Kontingenzkoeffizient	0,845 0,422 0,645
Anzahl der gültigen Fälle		263

Tabelle 23: Zusammenhang zwischen dem muslimischen-, römisch-katholischen Glauben und ohne Bekenntnis mit der Wichtigkeit der Religion

	Teststatistiken ^a	
	1	2
	Wichtigkeit Religion	Wichtigkeit Religion
Mann-Whitney-U-Test	51,000	16,000
Wilcoxon-W	1752,000	8531,000
Z	-4,988	-6,483
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000	0,000

a. Gruppenvariable: Glaubensbekenntnis 1 = muslimisch - römisch-katholisch
2 = muslimisch - konfessionslos

Ein weiterer Zusammenhang konnte bezüglich der kreationistischen Items KD01_03, KD01_04 und KD01_05 festgestellt werden (Tabelle 24). Die Korrelationsanalyse deutet auf einen schwachen bis mittlerer Zusammenhang der Items hin. Es wurde

ein signifikanter Unterschied zwischen der vollständigen Zustimmung und der Ablehnung aller drei Items festgestellt ($p < 0,001$) (Tabelle 25). Ob es sich um eine positive oder negative Korrelation handelt, kann nicht durch den durchgeführten Test festgestellt werden. Deshalb wurden die Ergebnisse in einer Kreuztabelle dargestellt und verglichen woraus ersichtlich wird, dass im Mittel mehr Schüler*innen die der gleichzeitigen Entstehung der Lebewesen auf der Erde völlig oder eher zustimmten auch die biblische Schöpfung und die Vorstellung einer weniger als 20000 Jahren alten Erde befürworteten (Tabelle 26). Diese Feststellung würde für eine positive Korrelation sprechen. Gemäß den Kontingenzkoeffizienten und den Cramers-V Werten stehen die erwähnten Items nur in einem schwachen bis mittleren Zusammenhang. Außerdem macht die allgemein geringe Zustimmung zu den Items und die dadurch sehr unregelmäßige Verteilung der Antworten einen aussagekräftigen Vergleich schwierig. Zusammenfassend kann demnach gesagt werden, dass ein signifikanter Zusammenhang der drei Items besteht, dieser jedoch nur gering ausgeprägt ist.

Tabelle 24: Korrelationen zwischen dem Glauben an die biblische Schöpfung, an ein junges Alter der Erde und an die gleichzeitige Entstehung der Lebewesen auf der Erde

KD01_03 = Alter der Erde; KD01_04 = biblische Schöpfung; KD01_05 = gleichzeitige Entstehung der Lebewesen

		Symmetrische Maße					
		KD01_03 + KD01_04		KD01_04 + KD01_05		KD01_03 + KD01_05	
		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal-	Phi	0,463	0,000	0,426	0,000	0,414	0,000
bzgl.	Cramer-V	0,231	0,000	0,213	0,000	0,207	0,000
Nominalmaß	Kontingenzkoeffizient	0,420	0,000	0,392	0,000	0,383	0,000
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263	

Tabelle 25: Zusammenhang der Vorstellung zur gleichzeitigen Entstehung der Lebewesen mit dem Alter der Erde und der biblischen Schöpfung und der Zustimmung und Ablehnung der biblischen Schöpfung mit der gleichzeitigen Entstehung der Lebewesen

Teststatistiken ^a			
	Alter der Erde	biblische Schöpfung	gleichzeitige Entstehung
Mann-Whitney-U-Test	239,000	241,000	453,500
Wilcoxon-W	7142,000	7144,000	18598,500
Z	-4,540	-4,252	-2,565
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,010
a. Gruppenvariable: gleichzeitige Entstehung (Ablehnung – Zustimmung)			a. Gruppenvariable: biblische Schöpfung (Ablehnung – Zustimmung)

Tabelle 26: Vergleich der Ergebnisse der Vorstellung zur gleichzeitigen Entstehung von Lebewesen mit der biblischen Schöpfung und dem Alter der Erde

	Items	gleichzeitige Entstehung (n = 263)						Gesamt
		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu		
biblische Schöpfung (n = 263)	stimme gar nicht zu	96	52	14	25	3		190
	stimme eher nicht zu	5	7	4	4	0		20
	weder noch	12	10	7	3	3		35
	stimme eher zu	3	1	1	3	1		9
	stimme völlig zu	1	4	1	0	3		9
Gesamt		117	74	27	35	10		263
Alter der Erde (n = 263)	stimme gar nicht zu	100	55	16	26	3		200
	stimme eher nicht zu	11	11	8	3	2		35
	weder noch	2	3	1	2	2		10
	stimme eher zu	2	5	2	1	1		11
	stimme völlig zu	2	0	0	3	2		7
Gesamt		117	74	27	35	10		263

Ebenfalls wurde ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,003$) zwischen den Items zur wissenschaftlich korrekten Vorstellung (DW01_01, DW01_02, KD01_02) ersichtlich. Gemäß den berechneten Werten des Kontingenzkoeffizienten und des Cramers-V handelt es sich um einen schwachen bis mittleren Zusammenhang (Tabelle 27). Ein signifikanter Unterschied im Antwortverhalten wurde jedoch nur bei der Evolution von

Menschen mit der Beweisbarkeit der Evolution von Lebewesen und der Evolution von Pflanzen festgestellt ($p < 0,02$) (Tabelle 28).

Tabelle 27: Korrelationen zwischen dem Glauben an die Evolution von Menschen, Gänseblümchen und die Beweisbarkeit der Evolution

DW01_01 = Evolution von Menschen; DW01_02 = Evolution von Gänseblümchen; KD01_02 = Evolution beweisen

Symmetrische Maße					
DW01_02 + KD01_02		DW01_01 + KD01_02		DW01_01 + DW01_01	
	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert
Phi	0,375	0,002	0,463	0,000	0,361
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Cramer-V	0,187	0,002	0,232	0,000
	Kontingenzko effizient	0,351	0,002	0,420	0,000
	Anzahl der gültigen Fälle	263		263	263

Tabelle 28: Zusammenhang der Vorstellung zur Evolution des Menschen mit der Evolution von Pflanzen und der Beweisbarkeit der Evolution

Teststatistiken ^a		
	Evolution Pflanze	Evolution beweisen
Mann-Whitney-U-Test	489,000	580,000
Wilcoxon-W	609,000	700,000
Z	-2,919	-2,424
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,004	0,015

a. Gruppenvariable: Evolution Mensch (Ablehnung – Zustimmung)

Ein Mann-Whitney-U-Test wurde berechnet, um zu überprüfen, ob sich die Meinungen zur Evolution des Gänseblümchens hinsichtlich des Geschlechtes unterscheiden. Daraus resultierte ein signifikanter Unterschied ($U = 6651,00$; $Z = -2,929$; $p < 0,004$) (Tabelle 29). Betrachtet man die Ergebnisse genauer, stimmten im Mittel signifikant mehr Schüler als Schülerinnen der evolutionären Entwicklung von Gänseblümchen zu. Grundsätzlich besteht ein schwacher bis mittlerer, signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Vorstellung zur Evolution von Pflanzen ($\chi^2 = 0,257$; $V = 0,188$; $p < 0,05$).

Tabelle 29: Korrelation zwischen Geschlecht und Evolution des Gänseblümchens

SD01 = Geschlecht; DW01_02 = Evolution von Gänseblümchen

Symmetrische Maße SD01 + DW01_02		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Teststatistiken ^a	
					Evolution Pflanze
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,266	0,018	Mann-Whitney-U-Test	6651,000
	Cramer-V	0,188	0,018	Wilcoxon-W	16521,000
	Kontingenzkoeffizient	0,257	0,018	Z	-2,929
	Anzahl der gültigen Fälle	263		Asymp. Sig. (2-seitig)	0,003

a. Gruppenvariable: Geschlecht (weiblich – männlich)

8. Diskussion

Diese Arbeit hatte zum Ziel, die Unterschiede der Häufigkeit der Präkonzepte von Schüler*innen in verschiedenen Schulstufen zu untersuchen und Rückschlüsse auf deren Entwicklung zu ziehen. Mit diesem Kapitel soll nun die Diskussion und die Interpretation der Ergebnisse erfolgen. Außerdem werden die Forschungsfragen beantwortet und die aufgestellten Hypothesen jeweils bestätigt oder falsifiziert. Ferner werden Vergleiche mit anderen Studien angestellt.

8.1. Gründe für die Häufigkeit alternativer Vorstellungen und mögliche Gegenmaßnahmen

Obwohl die größte Veränderung bei der fachlich korrekten Vorstellung erfolgte, stellt der 44%ige Anteil an richtigen Antworten kein zufriedenstellendes Ergebnis dar. Von der Unterstufe hin zur Oberstufe nahmen die richtigen Antworten um 16 % zu. Diese Weiterentwicklung deutet mit zunehmender Schulbildung auf einen Wissenszuwachs der Schüler*innen durch den Evolutionsunterricht hin. Demnach kann die in Kapitel 5 aufgestellte Hypothese bestätigt werden. Das wissenschaftliche Verständnis konnte jedoch nicht ausreichend verbessert werden. Zu diesem Resultat kamen auch Lammert (2012, S. 130) und Flanagan & Roseman (2011) in ihren Untersuchungen. Außerdem offenbart der gleichzeitig geringe Rückgang der anderen Alltagsvorstellungen (Finalismus 6 %, Kreationismus 6 %, Anthropomorphismus 5 %

und automatische Anpassung 4 %) einen parallelen Wissensbestand mehrerer Präkonzepte. Kuschmierz et al. (2020, S. 1) analysierten verschiedene Studien hinsichtlich des Vorkommens von Präkonzepten und sie kamen ebenfalls zu dem Schluss, dass es ein konstantes Vorkommen von alternativen Vorstellungen über alle Schulstufen hinweg gibt. Dies ist auf die Widerstandsfähigkeit der Alltagskonzepte zurückzuführen. Wie bereits im theoretischen Teil der Arbeit erläutert wurde, sind Alltagsvorstellungen stark verankert und deshalb allgemein schwer veränderbar und auslösbar (Gropengießer & Marohn, 2018, S. 52). Mithilfe der Ergebnisse dieser Befragung können Rückschlüsse auf die Effektivität des Curriculums und des Evolutionsunterrichtes gezogen werden. Zuerst kann gesagt werden, dass der Unterricht auf jeden Fall noch optimiert werden sollte, sowie auch das österreichische Curriculum.

Die Häufigkeit der verschiedenen Alltagsvorstellungen und deren geringer Rückgang mit steigender Schulstufe bestätigt die im zweiten Kapitel formulierte Annahme, dass Schüler*innen die Vernetzung der evolutionären Inhalte fehlt. Aus diesem Grund sind Eder et al. (2011) und Scheuch et al. (2017) der Meinung, dass ein roter Faden im österreichischen Curriculum benötigt werde, was auch aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit abgeleitet werden kann. Ferner wurde in der Literatur der Vorschlag eines Spiralcurriculums geäußert (Scheuch et al., 2017). Dieses soll einen Wissensaufbau Schritt für Schritt ermöglichen. Um die Vorteile dieser Methode zu verstehen, ist es in diesem Kontext wichtig zu erklären, dass für die Entwicklung von gefestigten wissenschaftlichen Kenntnissen ausreichend Zeit, nicht nur während der Lehre, sondern auch danach benötigt wird. Nur dadurch kann es zu einer Weiterentwicklung der Vorstellungen kommen (Johannsen & Krüger, 2005). Mit dem Spiralcurriculum kann das wissenschaftliche Verständnis der Evolution Jahr für Jahr wachsen, indem mit steigender Schulstufe auf die bereits gelernten evolutionären Inhalte aufgebaut werden kann. Wenn im Unterricht jedoch jedes Themengebiet isoliert gelehrt wird ohne dabei Vernetzungen mit anderen zu schaffen, ist dies nur schwer möglich. Eine Folge dieser separaten Lehre von Themenbereichen könnte die in dieser Befragung geringere Auswahl der sexuellen Fortpflanzung als Faktor der Variabilität in der Oberstufe sein. Durch den getrennten Erwerb des Wissens zu

Lebenszyklen und der Genetik⁴⁵ verbinden Schüler*innen vermutlich die sexuelle Fortpflanzung nicht mit der Evolution. Zudem wird in der Oberstufe vermehrt auf die Rolle der Mutation für die Variabilität eingegangen, wodurch dieser Inhalt einfacher abrufbar ist. Aus diesem Grund ist es essenziell, bei der Lehre der Lebenszyklen von diploiden Organismen⁴⁶ zu verdeutlichen, dass die sexuelle Fortpflanzung der größte Generator der Vielfalt ist und daher einen wichtigen Mechanismus der Evolution darstellt. Auch diese fehlende Vernetzung zeigt, dass Themengebiete nicht isoliert voneinander unterrichtet werden können und ein roter Faden durch das Curriculum gezogen werden sollte. Laut Eder et al. (2011) wäre es deshalb empfehlenswert, dass Lehrpersonen Verantwortung übernehmen und jedes biologische Teilgebiet mit der Evolution im Unterricht verknüpfen, auch wenn dies nicht so im Curriculum geschrieben steht. In der Einleitung wurde bereits auf die wichtige Rolle der Evolutionstheorie im Biologie- und Umweltkunde Unterricht eingegangen. Aufgrund der erwähnten evolutionären Zusammenhänge mit allen biologischen Teildisziplinen und der aus der Pilotphase resultierenden Unwissenheit über die Definition der Evolution ist das kontinuierliche Aufgreifen dieses Themengebietes in allen Schulstufen der Sekundarstufe 1 und 2 von großer Bedeutung. Unter den bei der Pilotstudie teilnehmenden Schüler*innen der fünften Schulstufe konnte niemand erklären, was unter Evolution verstanden wird. Daraus lässt sich schließen, dass in der Volksschule kaum oder gar nicht auf die Evolution eingegangen wird und kein Vorwissen diesbezüglich vorhanden ist. Genau deshalb ist es von Beginn des Biologieunterrichtes an essenziell, Inhalte der Evolution zu lehren. Dieser Themenbereich soll Schritt für Schritt eingeführt und darauf aufgebaut werden, mit dem Ziel ein weit umfassendes wissenschaftliches Verständnis der Evolution und, im Allgemeinen, der Biologie zu erreichen.

Ein weiterer Grund für den geringen Rückgang der Häufigkeit der Präkonzepte stellen die evolutionären Erklärungen der Lehrpersonen dar. Oftmals stoßen Lehrkräfte auf die Problematik, dass aufgrund ungenügenden Vorwissens seitens der Schüler*innen keine wissenschaftlichen Erklärungen auf Fragen gegeben werden. Dies führt mitunter dazu, dass lebensweltliche Präkonzepte integriert werden, welche häufig auf kausalen Zusammenhängen beruhen und folglich die lamarckistische und

⁴⁵ Genetik: Vererbungslehre (Fussy & Steiner, 2009, S. 261)

⁴⁶ diploide Organismen: haben Zellen mit doppeltem Chromosomensatz (Graw, 2020, S. 505)

teleologische Denkweise bestärken (Lammert, 2012, S. 132). Lamarckistische Vorstellungen entwickeln sich außerdem durch die falsche Wahrnehmung aus dem Alltag, dass Merkmale bewusst verändert und weitergegeben werden können (Brumby, 1984). Angesichts der teleologischen und lamarckistischen Vorstellung, welche die häufigsten Präkonzepte neben der fachlich korrekten Erklärung darstellen, könnten die erwähnten Thesen zum Ursprung der Alltagsvorstellungen von Lammert und Brumby auch auf die im Rahmen dieser Masterarbeit untersuchten Schule zutreffen. Brennecke (2014, S. 56) stellte Überlegungen zum Erhalt von Schüler*innenvorstellungen auf. Dabei stellte sie fest, dass viele Schüler*innen nach bestimmten Gründen oder Auslösern für Anpassungsprozesse suchen. Diese Tendenz lässt sich auf die Wahrnehmung der Anpassung im Alltag zurückführen. Die alltäglichen Erfahrungen werden anschließend auf evolutionäre Prozesse übertragen. Problematisch dabei ist, dass diese Vorstellungen nicht den fachlich korrekten entsprechen. Sie können nur durch eine bewusste Auseinandersetzung mit der Theorie verändert werden und zusätzlich müssen für die Weiterentwicklung die vier Bedingungen nach Posner et al. (1982), nämlich Unzufriedenheit, Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit, erfüllt werden. Ebenfalls ist der Begriff „Fitness“ stark von der im Alltag verwendeten Bedeutungen geprägt. Fitness wird von Schüler*innen eher mit der körperlichen Fitness assoziiert als mit dem reproduktiven Erfolg. Dies erschwert das Verständnis der natürlichen Selektion erheblich. Wenn man jedoch über dieses Hintergrundwissen verfügt, kann man als Lehrperson gleich bei diesen Vorstellungen ansetzen und einer stärkeren Ausprägung bewusst entgegenarbeiten (Hagman et al., 2003). Im Allgemeinen ist es wichtig, den Schüler*innen zu verdeutlichen, dass es lexikalische Ambiguitäten⁴⁷ gibt, wie eben am Beispiel der Fitness erklärt. Je nach Kontext kann ein und derselbe Begriff verschiedene Bedeutungen haben. Wenn dies im Unterricht nicht bewusst den Schüler*innen kommuniziert wird, können sie Inhalte anders interpretieren, als von der Lehrperson beabsichtigt wird. Folglich ist der Erwerb des wissenschaftlichen Verständnisses der Evolution erheblich eingeschränkt. Empfohlen wird aus diesem Grund, bei Verwendung von für die Evolution unerlässlichen Begriffen nachzufragen, was Schüler*innen darunter verstehen. Nur auf diese Weise bekommt die

⁴⁷ Ambiguität: Mehr- oder Doppeldeutigkeit (Fussy & Steiner, 2009, S. 45)

Lehrperson einen Einblick in die Gedankengänge der Schüler*innen und kann darauf basierend Korrekturen vornehmen (Rector et al., 2013, S. 1111f, 1126).

Einen weiteren Gesichtspunkt stellen Schulbücher dar. Schulbuchanalysen zeigen ein Vorhandensein von unzureichendem Wissen über die Evolutionspädagogik, welches sich in ungenau formulierten oder unvollständigen Erklärungen äußert. Wie im Curriculum fehlt auch in den Schulbüchern die Konstanz des Aufgreifens der Evolution und der Verknüpfung mit anderen Themenbereichen, weshalb eine Überarbeitung vonnöten ist (Kuschmierz et al., 2020, S. 3). Als problematisch stellt sich bei einigen Schulbüchern heraus, dass häufig nur vom Tier in der Einzahl gesprochen wird, wenn es sich dabei um die evolutionären Prozesse handelt. Außerdem werden manche Prozesse, beispielsweise die Weitergabe von Merkmalen an die nächste Generation nur anhand von Menschen erklärt. Diese einseitigen Darstellungen können dem Aufbau des fachlich korrekten Verständnisses im Wege stehen (Rachbauer, 2018, S. 54, 84).

Zuletzt ist noch der Einfluss der Eltern der Schüler*innen bezüglich der Alltagsvorstellungen zu analysieren. Die Präkonzepte der Schüler*innen sind grundsätzlich stark von jenen ihrer Familie abhängig. Überdies wird vermutet, dass die Meinungen der Eltern ausschlaggebender für die Entwicklung der Alltagsvorstellungen sind als die eigenen Erfahrungen und die schulische Bildung (Eder et al., 2011; Donnelly et al., 2009). Diese Umstände unterliegen demnach nicht der Kontrolle durch die Lehrpersonen.

8.2. Zusammenhänge der Religion mit dem Kreationismus

Knapp die Hälfte der Teilnehmer*innen gab an, konfessionslos zu sein. Diesbezüglich muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Teilnehmer*innen der ersten und zweiten Klassen vermutlich nicht benennen können, welcher Religion sie sich zugehörig fühlen und sie deshalb die Auswahlmöglichkeit „ohne Bekenntnis“ gewählt haben. Folglich könnte es sein, dass die Zahl der Schüler*innen ohne Bekenntnis in der Realität niedriger liegt. Die vermehrte Tendenz zur Konfessionslosigkeit entspricht aber den steigenden Zahlen der katholischen

Kirchenaustritte⁴⁸. Gemäß Eder et al. (2001) befindet sich Österreich hinsichtlich der Akzeptanz der Evolution nur im unteren Drittel. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, vor allem die hohe Zustimmung (90 %) zum Item KD01_02, dass man die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich beweisen kann, unterstützen diese Aussage nicht.

Betrachtet man die Ergebnisse aller Items, ist der Kreationismus das am wenigsten unter den Schüler*innen vertretene Präkonzept. Dies ist womöglich auf die eher weniger als wichtig zu betrachtende Religion zurückzuführen. Vergleicht man die ersten und zweiten Klassen mit den siebten und achten, gibt es keinen Unterschied bezüglich der Einschätzung der persönlichen Wichtigkeit der Religion, jedoch ist ein besseres evolutionäres Verständnis in den höheren Schulstufen vorhanden. Aufgrund dessen wird davon ausgegangen, dass Schüler*innen in der Oberstufe besser den Glauben von der Wissenschaft trennen können und somit kognitive Weiterentwicklungen stattgefunden haben. Dieses Ergebnis ist ein Indiz dafür, dass Bildung Erfolge erzielt und der Glaube nicht unbedingt im Widerspruch mit dem Verständnis stehen muss. Das bedeutet konkret, dass konzeptuelle Veränderungen nicht automatisch mit einem Glaubenswechsel einhergehen, und deshalb ist das Verständnis der Evolution nicht vom Glaubensbekenntnis abhängig. Vielmehr können Weiterentwicklungen von Vorstellungen auf konzeptuelle Konflikte und motivationale Faktoren zurückgeführt werden (Demastes et al., 1995, S. 659f). Einen möglichen Grund für den Rückgang der theistischen Denkweise in dieser Untersuchung stellt eine Beobachtung von Fuchs (2021, S. 72f) dar. Er stellte fest, dass die Natur von Schüler*innen als Synonym für Gott verwendet wird. Wenn die Natur als Akteur schließlich gegen die Umwelt ersetzt wird, gibt es eine schrittweise Weiterentwicklung in immer fachlichere Vorstellungen. Außerdem erwähnt Alanazi (2021) in diesem Kontext, dass kulturelle als auch religiöse Sensibilität im Unterricht einen entscheidenden Beitrag zum Verständnis der Evolution leisten können. Genauer genommen soll dadurch das Interesse der Schüler*innen gesteigert werden, was mit einem besseren Verständnis der Evolution einhergeht. Demnach ist es kein Tabu im Evolutionsunterricht auf verschiedene Kulturen und Religionen einzugehen, im Gegenteil, dies kann sich positiv auf den Lernprozess auswirken.

⁴⁸ 2022 traten in Österreich 90.800 Personen aus der katholischen Kirche aus. Mehr Informationen unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/304837/umfrage/austritte-aus-der-katholischen-kirche-in-oesterreich/#:~:text=Im%20Jahr%202022%20traten%20in,im%20Vergleich%20zum%20Vorjahr%20an>

Bei der durchgeführten Faktorenanalyse, bei welcher man sich näher mit der rotierten Komponentenmatrix⁴⁹ auseinandergesetzt hat, konnten nicht nur positive, sondern auch negative Ladungen auf einen Faktor festgestellt werden. Ein negativer Wert wurde beim Item (KD01_02) mit der Aussage, dass man die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich beweisen kann, hinsichtlich des kreationistischen Faktors berechnet. Dies deutet auf eine negative Korrelation zwischen dem Faktor und der Variable hin. In diesem Kontext bedeutet das, dass der Inhalt nicht mit dem Faktor übereinstimmt. Da es sich bei den zwei gegenübergestellten Faktoren um die fachwissenschaftlich korrekte Vorstellung mit dem Kreationismus handelt, kann gezeigt werden, dass sich die Vorstellungen eindeutig voneinander unterscheiden. Dieses Ergebnis der Widersprüchlichkeit der naturwissenschaftlichen Inhalte mit religiösen zeigt, warum stark religiöse Menschen häufig biblische Erklärungen evolutionären Prozessen vorziehen, und deshalb nicht an die Existenz wissenschaftlicher Beweise für die Evolution glauben. Wie bereits im theoretischen Teil der Arbeit erwähnt, ist es wichtig den Schüler*innen zu verdeutlichen, dass persönliche religiöse Überzeugungen vertretbar sind, jedoch eine Gleichsetzung mit der Wissenschaft nicht (Kattmann 2017, S. 202f). Das Ziel ist es demnach, im Unterricht eine allgemeine Akzeptanz der Evolution zu schaffen, unabhängig vom persönlichen religiösen Glauben der Schüler*innen.

Im internationalen Vergleich der Akzeptanz der Evolution haben die USA und die Türkei am schlechtesten abgeschnitten (Eder et al., 2011). Die Korrelationsanalysen in dieser Masterarbeit zeigen signifikante Zusammenhänge zwischen der Wichtigkeit der Religion und dem Glaubensbekenntnis. Dies bestätigt die Annahme, dass Angehörige bestimmter Konfessionen religiöser sind als andere. Am Beispiel dieser Befragung konnte eine starke Religiosität bei muslimischen Teilnehmer*innen festgestellt werden. Zudem gaben fast all jene an, dass die Erde weniger als 20.000 Jahre alt ist und die Evolution nicht stimme aufgrund des Widerspruchs zur Bibel. Angesichts dessen wird auch hier ersichtlich, dass dem Islam zugehörige Schüler*innen häufiger an den Kreationismus glauben und folglich die Akzeptanz der Evolution bei dieser Gruppe geringer ausfällt. Dieser Zusammenhang des muslimischen Glaubensbekenntnisses mit der Akzeptanz der Evolution wurde auch

⁴⁹ rotierte Komponentenmatrix: *sagt uns, wie stark jedes Item auf jeder Komponente lädt* (Hemmerich, 2023)

in der Publikation von Kim & Nehm (2011, S. 203) bei Biologiestudent*innen festgestellt. Zuletzt muss jedoch noch verdeutlicht werden, dass angesichts der sehr geringen Anzahl an muslimischen Schüler*innen ($n = 12$) an dieser Untersuchung nur schwer Verallgemeinerungen getroffen werden können.

8.3. Gründe für inkonsistentes Antwortverhalten

Hinsichtlich der vier Single-Choice Items wurden die meisten richtigen Antworten beim Item SC01 (Evolution der langen Hälse der Giraffen) ausgewählt. Da es sich hierbei um ein sehr bekanntes und häufig in der Evolutionslehre verwendetes Beispiel handelt, konnten die Schüler*innen den gelernten Inhalt möglicherweise gut reproduzieren. Jedoch zeigen die unterschiedlichen Ergebnisse der anderen Items ein inkonsistentes⁵⁰ Antwortverhalten, was darauf zurückgeführt werden kann, dass es den Teilnehmer*innen schwerfiel, das Wissen auf andere Kontexte zu übertragen. Zu diesem Schluss kamen auch Brennecke (2014) und Scheuch et al. (2021) in ihren Untersuchungen, in welchen sie unterschiedliche Vorstellungen bei der evolutionären Anpassung von Pflanzen und Tieren entdeckten. Ebenfalls konnte Fenner (2013, S. 287) große kontextabhängige Schwankungen der Antworten deutscher Schüler*innen bezüglich Anpassungsprozessen feststellen und Kampourakis & Zogza (2008) beobachteten diese Inkonsistenz im Antwortverhalten bei griechischen Schüler*innen. Angesichts der gleichen Feststellungen mehrerer Untersuchungen scheint dieses Phänomen in Europa weit verbreitet zu sein und stellt nicht nur in Österreich ein Problem dar. Die inkonsistenten Antworten konnten jedoch nur bei den Single-Choice Fragen festgestellt werden. Dies könnte mit der komplexeren Gestaltung und der Auswahlmöglichkeiten mehrerer Vorstellungen zusammenhängen. Die größten Unterschiede in der vorliegenden Arbeit konnten gleich wie bei Brennecke (2014) beim Vergleich von zoologischen mit den botanischen Beispielen dargelegt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit scheinen somit keinen Einzelfall dazustellen. Hinsichtlich dieser Unterschiede kann wieder auf das fehlende vernetzte Denken verwiesen werden, aber auch auf den Begriff „*plant blindness*“. Wie Scheuch et al. (2021) bereits vermutet hatten, könnte auch bei den befragten Schüler*innen dieser Untersuchung der Grund für die verschiedenen Vorstellungen zu evolutionären

⁵⁰ inkonsistent: unbeständig (Fussy & Steiner, 2009, S. 329)

Prozessen auf die „Pflanzenblindheit“ zurückgeführt werden. Die häufigeren wissenschaftlichen Vorstellungen zur Evolution von Menschen und Tieren im Gegensatz zu Pflanzen entwickelten sich vermutlich dadurch, dass Schüler*innen Pflanzen nicht oder nur teilweise mit lebendigen Organismen assoziieren. Überraschenderweise glaubten mehr Schüler als Schüler*innen an die evolutionäre Entwicklung von Gänseblümchen. Die Ursache hinter diesem Gendereffekt konnte angesichts fehlender Untersuchungen und Vergleichsstudien nicht geklärt werden. Lediglich Fenner (2013, S. 290) konnte ähnliche Zusammenhänge feststellen. Ein stärkeres Wachstum des wissenschaftlichen Verständnisses wurde bei männlichen Schülern nachgewiesen. Die Hintergründe dieser Entwicklung konnten allerdings ebenfalls nicht ermittelt werden. Eine mögliche Erklärung für die geringere Unterscheidung zwischen evolutionären Anpassungsprozessen von Tieren und Pflanzen in den ersten und zweiten Klassen im Vergleich zu den höheren Schulstufen wurde jedoch entdeckt. Möglicherweise könnte es an der Länge des Fragebogens liegen, wodurch die Aufmerksamkeitspanne vor allem der ersten und zweiten Klassen gefordert und deshalb der Fokus auf das allgemeine Verständnis der Items gerichtet wurde. Für Unterscheidungen evolutionärer Prozesse zwischen verschiedenen Organismen bedürfe es komplexere Gedankengänge.

Nehm & Ha (2011) haben sich genauer mit der Kontextualisierung der Evolutionsbeispiele in Fragebögen auseinandergesetzt. Dabei haben sie herausgefunden, dass signifikant unterschiedliche Vorstellungen zwischen Merkmalsverlusten und Merkmalsgewinnen existieren. Sowohl innerhalb als auch zwischen den Arten wurden die meisten richtigen Antworten bei Beispielen mit einem Merkmalsgewinn festgestellt. Bei allen vier Single-Choice Fragen des für diese Arbeit erstellten Fragebogens, wird nach der Entstehung eines Merkmals oder einer Eigenschaft gefragt. Angesichts dessen kann vermutet werden, dass bei der Verwendung von Merkmalsverlustszenarien in dieser Untersuchung weniger fachlich korrekte Vorstellungen nachgewiesen worden wären. Zudem sind die Antworten auch von der Anpassungen innerhalb oder zwischen den Arten abhängig. Vermehrte wissenschaftliche Vorstellungen wurden bei Beispielen innerhalb einer Art aufgedeckt (Nehm & Ha, 2011). Aufgrund der Verwendung innerartlicher Fragen im Rahmen dieser Masterarbeit wird auch hier eine durchschnittlich höhere richtige Beantwortung seitens der Schüler*innen angenommen.

8.4. Gründe für das häufige Vorkommen des finalistischen Präkonzeptes

Die zuvor aufgestellte Hypothese, dass teleologische Präkonzepte die am häufigsten vorkommenden Alltagsvorstellungen der Schüler*innen sind, konnte falsifiziert werden. Mit durchschnittlich 5 % mehr Zustimmung zur fachwissenschaftlich korrekten Vorstellung und 4 % mehr zur Lamarckistischen befindet sich der Finalismus nur an dritter Stelle. Die Prozentangaben zeigen jedoch nur geringe Unterschiede. Die Ursache für das zahlenmäßig fast gleiche Vorkommen der lamarckistischen und der teleologischen Vorstellung könnte aus einer Beobachtung von Fenner (2013, S. 289) hergeleitet werden. Ihre Untersuchungen zeigten, dass Präkonzepte die Überlegungen beider Denkweisen beinhalteten. Dabei wurde die Zweckgerichtetetheit mit der Veränderung von Eigenschaften oder Merkmalen mittels Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen kombiniert. Folglich scheint es so, als ob beide Vorstellungen für die Schüler*innen sowohl mehr oder weniger logisch nachvollziehbare Inhalte enthalten und eine Kombination beider, womöglich insgesamt auf mehr Zustimmung treffen würde als die einzelnen Präkonzepte unabhängig voneinander. Auch die Korrelationsanalyse in dieser Masterarbeit ermittelte einen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,02$) zwischen dem lamarckistischen und dem finalistischen Item (LK01, FN01_01) (Tabelle 32). Mit einem Kontingenzkoeffizienten von $\chi^2 = 0,353$ und einem Cramers V Wert von 0,189 handelt es sich genauer genommen um einen schwachen bis mittleren Zusammenhang.

In Anbetracht der Häufigkeit des Finalismus in den Studien zu Schüler*innenvorstellungen und der damit in Verbindung gebrachten kausalen Zusammenhänge, welche sowohl auf die lamarckistische als auch auf die teleologische Denkweise zutreffen, werden nun Gründe für dieses Vorkommen dargelegt. Zuerst gibt es einige Überschneidungen mit den in Kapitel 8.1. angeführten Erklärungen. Wie bereits erwähnt, spielen ungenaue Informationen in Schulbüchern und ein unzureichendes fachliches Wissen, um wissenschaftliche Antworten auf gestellte Fragen zu geben, eine wichtige Rolle für die Ausbildung alternativer Vorstellungen. Sowohl Kampourakis & Zogza (2008) als auch Johannsen & Krüger (2005) konnten bei Schüler*innen ein Bestehen von finalistischen

Denkweisen auch nach dem Evolutionsunterricht feststellen. Aus dem spontanen Wissenstransfer der Alltagserfahrungen auf die Evolution resultiert die Tendenz, nach einem bestimmten Plan hinter einer Veränderung zu suchen (Kampourakis & Zogza, 2008). Außerdem haben Kinder laut Literatur eine natürliche Disposition⁵¹ für finalistische Vorstellungen. Hinsichtlich des Biologieunterrichtes kann dabei der bereits erwähnte Aspekt der lexikalischen Ambiguität eine wichtige Ursache der Festigung teleologischer Erklärungen darstellen (Beniermann, 2019, S. 402f). Flanagan & Roseman (2011) stellten die These auf, dass es nicht so viele finalistische Präkonzepte gäbe, wenn die Evolution besser mit der Genetik verknüpft wäre. Dem wird auch im Zuge dieser Arbeit aufgrund der Tatsache zugestimmt, dass der vermehrte Fortbestand von Präkonzepten, die von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen, auf dem Mangel an Verknüpfungen biologischer Teilbereiche beruht. Unter Berücksichtigung all dieser Gründe scheint es so, als ob der Finalismus eine so logische Erklärung darstelle, dass die einst schon von Platon gebildete Vorstellung, dass hinter der Natur teleologische Kräfte wirken, noch immer aktuell ist und auch durch den Unterricht nicht ausgelöscht werden kann (Storch et al., 2013, S. 2f).

8.5. Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien

Grundsätzlich ist ein Vergleich des evolutionären Wissens verschiedener Studien schwierig aufgrund des Fehlens standardisierter Bewertungsmethoden und der Sprachbarrieren. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden Items vom Englischen ins Deutsche übersetzt, was eine Verzerrung der Ergebnisse bewirken könnte und folglich einen Vergleich erschwert. Zudem wurden die ausgewählten Studien für diese Arbeit in verschiedenen Ländern durchgeführt, welche sich im Bildungssystem unterscheiden (Kuschmierz et al., 2020, S. 1f). Aufgrund der fehlenden Studien in den deutschsprachigen Ländern und allgemein in Europa kann auf die genannten Aspekte nicht Rücksicht genommen werden. Vorrangig werden aber in diesem Unterkapitel die Studien, die für die Fragebogenkonstruktion verwendet und vorzugsweise in Europa durchgeführt wurden, zum Vergleich herangezogen.

⁵¹ Disposition: Anfälligkeit (Fussy & Steiner, 2009, S. 160)

Stellt man die Ergebnisse der Items SC02 (Geparde) und SC03 (Venusfliegenfalle) mit jenen der Studie von Beniermann (2019, S. 251f) gegenüber, können sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede festgestellt werden. Betrachtet man die Vorstellungen zur Evolution der Laufgeschwindigkeit der Geparde, kann in beiden Fällen ein Zuwachs an wissenschaftlichen Erkenntnissen mit zunehmender Schulbildung beobachtet werden, wobei ein größeres Wachstum und insgesamt mehr fachlich korrektes Wissen bei den Teilnehmer*innen dieser Befragung ersichtlich wurde. Ebenfalls war bei beiden Untersuchungen der Finalismus sehr ausgeprägt. Während sich die Ergebnisse der siebten Schulstufen sehr ähnelten, konnte ein deutlich stärkerer Rückgang teleologischer Vorstellungen bei den Schüler*innen des Gymnasiums Rahlgasse in Wien festgestellt werden. Außerdem wurde in der Oberstufe weniger oft die Antwortmöglichkeit „ich weiß es nicht“ ausgewählt als bei Beniermann (2019). Die automatische Anpassung stimmt bei beiden sowohl bei der Häufigkeit als auch beim Vergleich verschiedener Klassen überein. Der Fragebogen von Johannsen & Krüger (2005) enthält eine sehr ähnliche Frage zur evolutionären Anpassung von Geparden, jedoch unterscheiden sich die Antwortmöglichkeiten. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass 70 % der deutschen Schüler*innen an eine zweckgerichtete Anpassung glaubten. Obwohl der Finalismus im Rahmen dieser Befragung als häufig vorkommendes und präsentes Präkonzept identifiziert wurde, ist er beim Vergleich mit beiden Studien deutlich weniger unter den Schüler*innen vertreten. Daraus kann geschlossen werden, dass es entweder entscheidende Differenzen zwischen dem österreichischen und dem deutschen Curriculum gibt oder der Biologieunterricht mehr den teleologischen Vorstellungen entgegenarbeitet.

Stellt man die Ergebnisse der Beispiele der evolutionären Anpassung der Geparde mit jenen der Venusfliegenfalle gegenüber, zeigen sich eindeutig auch bei Beniermann (2019, S. 252) unterschiedliche Ausprägungen der Präkonzepte. Auf den ersten Blick fallen die deutlich weniger richtigen Antworten beim botanischen Beispiel auf. Während bei Beniermann 10 % der Befragten der siebten Schulstufe die wissenschaftlich korrekte Vorstellung zu den evolutionären Anpassungsprozessen der Venusfliegenfalle ausgewählt hatten, betrug der Anteil der fachlich korrekten Antwort bei der Befragung derselben Schulstufe, durchgeführt in dieser Arbeit, nur 5 %. Im Gegensatz dazu, konnte ein etwas größerer Zugewinn an wissenschaftlichem

Verständnis in der Oberstufe bei den Schüler*innen der Rahlgasse festgestellt werden. Der zuerst verhältnismäßig häufig vertretene Anthropomorphismus beim botanischen Beispiel wurde mit zunehmender Klassenschulstufe ersichtlich weniger. Zu derselben Schlussfolgerung kamen auch Johansen & Krüger (2005), die die zehnten bis zwölften Schulstufen in Berlin befragten. Eine weitere Gemeinsamkeit mit dieser Studie ist die Feststellungen der von den Teilnehmer*innen als wenig wichtig erachteten zufälligen Mutation bei Anpassungsprozessen. Dieses Ergebnis ist ein Indiz dafür, dass die Genetik nicht ausreichend mit der Evolution in Beziehung gesetzt wurde. Zu diesem Schluss kamen auch Baalmann et al. (2004) Flanagan & Roseman (2011) in ihren Untersuchungen.

Während die Ergebnisse der Befragung im Rahmen dieser Arbeit gleich wie jene von Lammert (2012) und Johannsen & Krüger (2005) nur unzufriedene Rückentwicklungen der teleologischen Denkweise nachweisen konnten, traf dies bei Fenner (2013, S. 291) nicht zu. Dies kann auf den extra für die Untersuchung erstellten Unterricht zurückgeführt werden. Mit Hilfe des angewandten fachdidaktischen Wissens mit den gleichzeitig geeigneten Materialien konnte ein deutlicher fachlicher Wissenszuwachs erfolgen. In Anbetracht dessen muss die Wichtigkeit sowohl des fachlichen als auch des fachdidaktischen Wissens hervorgehoben werden. Auf diese Faktoren wurde bereits im theoretischen Teil näher eingegangen. Da die Ergebnisse der behandelten Studien diese Erkenntnisse unterstützen, kann davon ausgegangen werden, dass die in der vorliegenden Masterarbeit vorgeschlagenen Empfehlungen an das Lehrpersonal überwiegend sinnvoll sind.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von Beniermann (2019, S. 251f) und Fenner (2013) ist bei der Untersuchung im Rahmen dieser Masterarbeit das häufige Vorkommen des Lamarckismus überraschend. Einerseits begründet Fenner (2013, S. 289) die Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale an die nächste Generation auch vor dem Evolutionsunterricht durch die damit widersprechenden Erfahrungen aus dem Alltag. Andererseits spricht Lammert (2012, S. 132) von der häufigen Tendenz zu kausalen Zusammenhängen durch lebensweltliche Erfahrung, die die lamarckistische Denkweise bestärken. Da sich laut Brumby (1984) der Lamarckismus durch inkorrekte Wahrnehmungen im Alltag entwickelt, müsste davon ausgegangen werden, dass die deutschen Schüler*innen, die in der Studie von Fenner (2013)

untersucht wurden, deutlich weniger falsche lebensweltliche Erfahrungen gesammelt haben als die österreichischen. Diese Überlegungen beruhen jedoch nur auf Vermutungen, weshalb sie keine wissenschaftliche Begründung darstellen.

Resümierend kann gesagt werden, dass es in Europa nur eine begrenzte Anzahl an Daten von Schüler*innenvorstellungen zur Evolution gibt. Kuschmierz et al. (2020, S. 13) haben europäische Studien diesbezüglich untersucht und verglichen. Dabei konnten sie keine einheitlichen Ergebnisse feststellen. Während Beniermann (2019) in ihren Untersuchungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz nur wenig fachliches Wissen bei Schüler*innen der Sekundarstufe feststellen konnte, resultierten bei Fenner (2013) und Lammert (2012) ebenfalls in Deutschland mäßige und bei Rufo et al. (2013) in Italien sehr hohe Wissensstände über die Evolution. Alles in allem machen die unterschiedlichen Instrumente und Zielgruppen es schwierig, einen Überblick über den tatsächlichen Wissensstand in Europa zu bekommen. Anhand der publizierten Daten können keine verlässlichen und standardisierten Aussagen getroffen werden (Kuschmierz et al. 2020, S. 13, 20).

8.6. Methodenkritik

Abschließend werden noch die Stärken und Schwächen der angewandten Methoden für diese Befragung reflektiert. Als vorteilhaft erwies sich die Wahl einer quantitativen Methode aufgrund der großen Stichprobe und des Zeitmangels angesichts der hohen Krankheitsfälle der Schüler*innen im Untersuchungszeitraum. Auch die Verwendung eines Online-Fragebogens stellte sich aus den erwähnten Gründen als eine adäquate Methode heraus. Außerdem konnte auf diese Weise eine Anonymisierung garantiert und Datenübertragungsfehler in das Statistikprogramm verhindert werden. Eine weitere Zeitersparnis konnte durch die Verwendung bereits überprüfter Items aus der Literatur erzielt werden. Als für diese Untersuchung geeignet erwies sich ebenfalls die Kombination von Items, die anhand einer fünfstufigen Skala bewertet wurden, mit Single-Choice Fragen. Nur dadurch konnte ein unterschiedliches Antwortverhalten hinsichtlich der Fragetypen festgestellt werden.

Eine Schwäche der quantitativen Methode war, dass nur schwer kontrolliert werden konnte, ob alle Schüler*innen den Fragebogen bis zum Ende ausgefüllt hatten. Aufgrund der Unvollständigkeit der Antworten wurde die Stichprobe um 48

Teilnehmer*innen verringert. Zudem stellte sich heraus, dass die unterschiedliche Anzahl an Items, die ein Präkonzept erfassen, die Aussagekraft der Ergebnisse bei Vergleichen dezimiert. Angesichts dessen wäre bei der Fragebogenkonstruktion empfehlenswert, jeweils gleich viele Items pro Faktor/Alltagsvorstellung zu wählen oder selbst zu erstellen. Ebenfalls könnte es sein, dass die Übersetzung der Items ins Deutsche und die minimalen Umformulierungen, die der Vereinfachung dienten, die Ergebnisse verzerrt haben. Zu allerletzt ist noch hervorzuheben, dass ein Vergleich der gewonnenen Daten mit jenen der Literatur aufgrund der Übernahme einzelner Items und nicht des ganzen Fragebogens grundsätzlich schwierig ist. Denn häufig wird in den Publikationen nicht auf die genauen Ergebnisse jedes einzelnen Items eingegangen. Weitere Aspekte, die Vergleiche erheblich erschweren, sind fehlende standardisierte Bewertungsmethoden und Rahmenbedingungen wie beispielsweise gleiche Bildungssysteme.

9. Fazit und Ausblick

Mit dem Ziel der Erhebung der Schüler*innenvorstellungen der Sekundarstufe 1 und 2 gelang es klarzustellen, dass auch im Rahmen dieser Befragung mehrere Alltagsvorstellungen in allen acht Schulstufen koexistierten. Die fachlich korrekten Antworten wurden im Durchschnitt von weniger als der Hälfte der Befragten ausgewählt, jedoch konnte eine Weiterentwicklung mit zunehmendem Ausbildungsgrad festgestellt werden. Mit einer durchschnittlichen fachlich richtigen Bewertung der Items von 58 % in den elften und zwölften Klassen konnte auch kurz vor der Reifeprüfung kein zufriedenstellendes Verständnis evolutionärer Prozesse festgestellt werden. Dieser geringe Anteil an wissenschaftlichen Vorstellungen verdeutlicht die große Präsenz anderer Präkonzepte, die durch den Unterricht offensichtlich nicht ausgetauscht oder weiterentwickelt werden konnten. Das inkonsistente Antwortverhalten offenbart parallele Wissensbestände und unzureichendes vernetztes Denken seitens der Schüler*innen. Diese Ergebnisse sprechen wie auch jene anderer Studien (Scheuch 2017, S. 2; Beniermann, 2019; Fenner, 2013) für eine kontinuierliche Einbindung der Evolution in den Biologieunterricht der Sekundarstufe 1 und 2. Dementsprechend sollten auch im

Curriculum jeder Schulstufe evolutionäre Themengebiete enthalten sein. Ein Kreislauf an Prozessen muss für diese Weiterentwicklung initiiert werden, was eine Langzeit-Planung voraussetzt. Der erste Schritt setzt nicht an der Weiterentwicklung des Curriculums an, sondern an der Ausbildung der Lehrpersonen. Wenn Lehramtsstudierende ein tiefgehendes Verständnis der evolutionären Prozesse erlangen und sich der Rolle der Evolution als Grundgerüst für die Disziplin Biologie bewusst werden, können sie diese Inhalte auch an Schüler*innen weitergeben. Jedoch nur, wenn auch genügend fachdidaktische Kenntnisse und Praxiserfahrungen gesammelt werden, um die komplexen Prozesse verständlich zu machen (German National Academy of Sciences Leopoldina, 2017, S. 32f). Diese Masterarbeit soll die Grundlage für die didaktische Entwicklung des Biologie- und Umweltkundeunterrichtes darstellen, welche neuen Kenntnisse für die Lehre der Evolution erlangt. Das bedeutet, dass die Ergebnisse der Untersuchung als Basis für weiterführende Studien genommen werden und als Anhaltspunkt zur Erarbeitung geeigneter und lerner*innenorientierter Materialien dienen können.

Wurden alle genannten Vorkehrungen getroffen, folgt die schwierigste aller Aufgaben, die Elaboration der optimalen Reihenfolge der biologischen Themengebiete. Wünschenswert wäre diesbezüglich ein Vorziehen der im Curriculum des Biologieunterrichtes erst kurz vor der Reifprüfung zu lehrenden Evolutionstheorien, da sich ansonsten nur angehende Maturant*innen der Biologie näher mit diesem Thema auseinandersetzen und den anderen Schüler*innen die Möglichkeit der Entwicklung eines komplexen wissenschaftlichen Verständnisses der Biologie verwehrt wird (German National Academy of Sciences Leopoldina, 2017, S. 32, 38). Abschließend kann zusammenfassend festgestellt werden, dass nicht nur eine Weiterentwicklung der Curricula erfolgen muss, sondern auch andere Faktoren wie die Ausbildung des Lehrpersonals entscheidende Auswirkungen auf das evolutionäre Verständnis haben.

Erfreulicherweise wurde in den letzten Jahren ein Projekt initiiert, um die ersten Schritte in die erforderliche Weiterentwicklung des Biologieunterrichtes zu machen. Das interdisziplinäre Projekt COST⁵² Action wurde 2018 von EuroScitizen⁵³ mit dem Ziel, die europäische naturwissenschaftliche Grundbildung in Evolution zu

⁵² European Cooperation in Science & Technology

⁵³ mehr Informationen dazu unter: <http://www.euroscitizen.eu/>

verbessern, gestartet. Verschiedene Daten beispielsweise, welches Wissen Lehrpersonen über Evolution haben und wie wichtig Evolution in europäischen Curricula ist, wurden bis Oktober des Jahres 2022 gesammelt. Mithilfe dieser Daten werden nun Methoden entwickelt, die naturwissenschaftliche Grundbildung der Evolution zu verbessern (COST, o.J.).

Abgesehen von den Langzeit-Projekten können Lehrpersonen jederzeit versuchen, mittels Einbeziehung der Alltagsvorstellungen der Schüler*innen in den Unterricht gezielte Konzeptveränderungen hervorzurufen. Im theoretischen Teil der Arbeit wurden ausreichend Möglichkeiten für die dafür erforderliche Erhebung der Präkonzepte erklärt. Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist, auf die Häufigkeit unterschiedlicher Präkonzepte in Österreich aufmerksam zu machen und folglich das Bewusstsein diesbezüglich zu erhöhen. Erst wenn man sich des Ausmaßes bewusst ist, können Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Aus diesem Grund ist es wichtig, ein Bewusstsein über die häufig vorkommenden Schüler*innenvorstellungen zu schaffen und dies nicht nur zur Evolution, sondern zu allen biologischen Themengebieten. Zusätzlich kann ein vertiefendes Verständnis der Ursprünge der Präkonzepte bei der konzeptuellen Veränderung hilfreich sein. Laut Hagman et al. (2003) soll der Fokus auf eigenständige Problemlösungsprozesse gerichtet werden, anstatt auf traditionelle Lernmethoden zurückzugreifen. Zudem erwähnen sie den wichtigen Aspekt der Reflexion. Konnemann et al. (2012) vertreten ebenfalls die Meinung, dass die aktive Auseinandersetzung der Schüler*innen mit den eigenen Präkonzepten sowie die Wahrnehmung der persönlichen Relevanz der Evolution vielversprechende Ansätze für konzeptuelle Veränderungen im Unterricht sind. Zusätzlich ist jede Schule individuell und sollte ihren eigenen Ist-Zustand erheben, mit dem Ziel die Mängel und deren zugrundeliegenden Ursachen zu ermitteln (German National Academy of Sciences Leopoldina, 2017, S. 26).

„*Nothing makes sense except in the light of evolution*“ (Dobzhansky, 1973). Mit diesem Zitat begann diese Masterarbeit und damit wird sie auch wieder enden. Den Ergebnissen der Befragung nach hat diese Aussage bedauerlicherweise kaum Relevanz in der aktuellen Schulbildung Österreichs. Dies wird sich hoffentlich in der nahen Zukunft ändern.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komponenten der Conceptual Change-Theorie (eigene Darstellung) (Quelle Inhalt: Krüger & Vogt 2007, S. 85)	26
Abbildung 2: Fünf Schritte der konzeptuellen Entwicklung im Unterricht (eigene Darstellung) (Quelle Inhalt: Hewson & Hewson, 1984; Krüger, 2007, S. 84, 85; Pintrich et al., 1993, S. 174)	35
Abbildung 3: Grafische Darstellung des zeitlichen Verlaufes für die Verfassung der Masterarbeit (eigene Darstellung)	64
Abbildung 4: Ergebnisse der Single-Choice Items.....	74
Abbildung 5: Veränderungen der Alltagsvorstellungen mit steigender Schulstufe hinsichtlich der Single-Choice Items.....	76
Abbildung 6: Mittelwerte aller Items zu den verschiedenen Präkonzepten	85
Abbildung 7: Mittelwerte der Häufigkeit an Präkonzepten in der Unterstufe und Oberstufe.....	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Inhalte des Kapitels 3.4.: Alltagsvorstellungen verändern – Conceptual Change	37
Tabelle 2: Items mit fünfstufiger Likert-Skala zur kreationistischen Denkweise (KD)	61
Tabelle 3: Items mit fünfstufiger Likert-Skala.....	62
Tabelle 4: Modifizierung der Items gemäß dem Feedback der Vorstudie.....	66
Tabelle 5: Anzahl an gültigen Fragebögen pro Schulstufe	68
Tabelle 6: KMO-Test, Bartlett-Test und Kommunalitäten	70
Tabelle 7: Rotierte Komponentenmatrix von sieben Items	70
Tabelle 8: Rotierte Komponentenmatrix der Items zum Kreationismus und zu Darwin separat voneinander.....	70
Tabelle 9: Häufigkeitstabelle der Konfessionszugehörigkeit.....	71
Tabelle 10: Interpretation zur Bewertung der Wichtigkeit der Religion	72
Tabelle 11: Völlige und teilweise Zustimmung zu den kreationistischen Items in Prozent	73
Tabelle 12: Völlige und teilweise Zustimmung zum finalistischen Item in Prozent.....	75
Tabelle 13: Völlige und teilweise Zustimmung zum lamarckistischen Item in Prozent	78
Tabelle 14: Völlige und teilweise Zustimmung zum anthropomorphen Item in Prozent	79
Tabelle 15: Völlige und teilweise Zustimmung zu den fachwissenschaftlich korrekten Items in Prozent.....	80
Tabelle 16: Vorstellung zur evolutionären Entwicklung von Menschen und Gänseblümchen in Prozent	80
Tabelle 17: Vorstellung der Unter- und Oberstufe zur evolutionären Entwicklung von Menschen und Gänseblümchen in Prozent	81
Tabelle 18: Vergleich der Häufigkeit der Präkonzepte bezüglich der botanischen und zoologischen Beispiele in Prozent	82
Tabelle 19: Häufigkeit der Vorstellungen zu evolutionären Mechanismen in Prozent	83
Tabelle 20: Häufigkeit der Vorstellungen zu evolutionären Mechanismen in Prozent und Differenz der Mittelwerte der Unterstufe und Oberstufe	84

Tabelle 21: Zuteilung der Items zu den Präkonzepten	85
Tabelle 22: Korrelationen zwischen Konfessionszugehörigkeit und Wichtigkeit der Religion	88
Tabelle 23: Zusammenhang zwischen dem muslimischen-, römisch-katholischen Glauben und ohne Bekenntnis mit der Wichtigkeit der Religion	88
Tabelle 24: Korrelationen zwischen dem Glauben an die biblische Schöpfung, an ein junges Alter der Erde und an die gleichzeitige Entstehung der Lebewesen auf der Erde.....	89
Tabelle 25: Zusammenhang der Vorstellung zur gleichzeitigen Entstehung der Lebewesen mit dem Alter der Erde und der biblischen Schöpfung und der Zustimmung und Ablehnung der biblischen Schöpfung mit der gleichzeitigen Entstehung der Lebewesen	90
Tabelle 26: Vergleich der Ergebnisse der Vorstellung zur gleichzeitigen Entstehung von Lebewesen mit der biblischen Schöpfung und dem Alter der Erde..	90
Tabelle 27: Korrelationen zwischen dem Glauben an die Evolution von Menschen, Gänseblümchen und die Beweisbarkeit der Evolution	91
Tabelle 28: Zusammenhang der Vorstellung zur Evolution des Menschen mit der Evolution von Pflanzen und der Beweisbarkeit der Evolution.....	91
Tabelle 29: Korrelation zwischen Geschlecht und Evolution des Gänseblümchens..	92
Tabelle 30: Studien, die sich mit der Erhebung von Vorstellungen zur Evolution beschäftigen	124
Tabelle 31: Häufigkeitstabelle aller Items	138
Tabelle 32: Korrelationen aller Items	143

Literaturverzeichnis

Dissertationen und Masterarbeiten:

Brennecke, J. S. (2014). *Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung – qualitative Studien als Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Fuchs, G. (2021). *Die Veränderung des Verständnisses und der Vorstellungen zur Evolutionstheorie unter besonderem Augenmerk auf das Populationsdenken im Lauf einer SchülerInnenlaufbahn*. Diplomarbeit, Universität Wien.

Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation, Technische Universität Dortmund.

Rachbauer, S. (2018). *Evolution – zentral verbindendes Thema oder unterrepräsentierte Komponente des Biologieunterrichts? Eine qualitative Analyse zweier Schulbuchreihen*. Diplomarbeit, Universität Wien.

Bücher:

Altrichter, H., Posch, P. & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Julius Klinkhard.

Beniermann, A. (2019). *Evolution – von Akzeptanz und Zweifeln: Empirische Studien über Einstellungen zu Evolution und Bewusstsein*. Springer Spektrum.

Bortz, J., & Schuster, C. (2011). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: Limitierte Sonderausgabe*. Springer-Verlag.

Cleff, T. (2015). *Deskriptive Statistik und Explorative Datenanalyse: Eine computergestützte Einführung mit Excel, SPSS und STATA*. Springer.

Fleisher, P. (2006). *Evolution*. Twenty-First Century Books.

Fussy, H., & Steiner, U. (2009). *Österreichisches Wörterbuch* (41. Auflage, Schulausgabe.). Österreichischer Bundesverlag Schulbuch.

Graw. J. (2020). Genetik. Springer-Verlag.

Gropengießer, H. (2008). *Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten*. Didaktisches Zentrum.

Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–69). Springer.

Hackl, B. (2017). *Lernen: Wie wir werden, was wir sind*. Julius Klinkhardt.

Hagman, M., Olander, C. & Wallin, A. (2003). Research-based teaching about biological evolution. In Lewis, J., Margo, A., & Simonneaux, L. (Hrsg.), *Biology education for the real world. Student - Teacher – Citizen. Proceedings of the IV Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (S. 105–119). Ecole National de Formation Agronomique.

Hewson, P. & Hennessey, M. G. (1992) Making status explicit: A case study of conceptual change. In Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Hrsg.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop* (S. 176–187). IPN – Leibniz Institute for Science Education.

Hopf, M., Schecker, H., Höttecke, D., & Wiesner, H. (2022). *Physikdidaktik kompakt* (1st ed). Aulis.

Hoßfeld, U., & Olsson, L. (Hrsg.). (2014). *Charles Darwin: Zur Evolution der Arten und zur Entwicklung der Erde*. Springer Spektrum.

Jonkisz, E., Moosbrugger, H., & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 27–74). Springer.

Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions. In Hammann, M., Reiss, M., Boulter, C. & Tunnicliffe, S. D. (Hrsg.), *Biology in Context: Learning and Teaching for 21st Century* (S. 7-17). Institute of Education.

Kattmann, Ulrich. (2016). *Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Aulis in der Stark.

Kattmann, U. (2017). Evolution im Kontext von Schöpfung unterrichten. In Kattmann, U. (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen. Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (S. 201-215). Klett/Kallmeyer.

Keller R. (1882). Charles Robert Darwin: Darwin's geologische Arbeiten. In Hermann J. K. (Hrsg.), *Gaea: Natur und Leben* (S. 422 – 428). Eduard Heinrich Mayer.

Krampen, G. & Zayer, H. (2006). *Didaktik und Evaluation in der Psychologie*. Hogrefe Verlag.

Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In Krüger, D. & Vogt, D. (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 81 – 92). Springer.

Lamarck, J. B. P. A. de M. (1914). Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals. In Elliott, H. S. R. (Hrsg.), *Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals*. Cambridge University Press.

Lüpsen, H., & Rechenzentrum, R. (2015). *Varianzanalysen-Prüfen der Voraussetzungen und nichtparametrische Methoden sowie praktische Anwendungen mit R und SPSS*. Universitäts-und Stadtbibliothek Köln.

Mayr, E. (1991). *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. Harvard University Press.

Möller K. (2015). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S. & Wittkowske S. (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 243 – 149). Julis Klinkhard.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012) Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 2–26). Springer.

National Academy of Science of the USA (Hrsg.). (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. National Academies Press.

Piaget, J. (1929). *The Child's Conception of the World*. Redwood Press Limited.

Rivu, R., Abdrabou, Y., Abdelrahman, Y., Pfeuffer, K., Kern, D., Neuert, C., Buschek, D. & Alt, F. (2021). Did you Understand this? Leveraging Gaze Behavior to Assess Questionnaire Comprehension. In *Symposium on Eye Tracking Research and Applications* (S. 1-7). Association for Computing Machinery.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer-Verlag.

Schermelleh-Engel, K. & Werner, C. S. (2012). Methoden der Reliabilitätsbestimmung. In Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 120–140). Springer.

Scheuch, M., Schreibstock, J., Amon, H., Fuchs, G. & Heidinger C. (2021). Learning Evolution – A Longterm Case-Study with a Focus on Variation and Change. In Levrini, O., Tasquier, G., Amin, T. G., Branchetti, L. & Levin, M. (Hrsg.), *Engaging with Contemporary Challenges through Science Education Research: Selected papers from the ESERA 2019 Conference* (S. 119 – 131). Springer.

Steiner, E. & Benesch, M. (2021). *Der Fragebogen: Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung*. Facultas.

Storch, V., Welsch, U., & Wink, M. (2013). *Evolutionsbiologie*. Springer-Verlag.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In Duschl, R. A. & Hamilton, R. J. (Hrsg.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (S. 147 – 176). State University of New York Press.

Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In Krüger, D. & Vogt, D. (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 9 – 20). Springer.

Wandersee, J.H., Mintzes, J. J., & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions. In Gabel, D.J. (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 177–210). Macmillan.

Zrzavý, J., Burda, H., Storch, D., Begall, S. & Mihulka, S. (2013). *Evolution: Ein Lese-Lehrbuch*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39696-0>

Paper:

Alanazi, F. H. (2021). The perceptions of students in secondary school in regard to evolution-based teaching: acceptance and evolution learning experiences—The Kingdom of Saudi Arabia. *Research in Science Education*, 51(2), 725-753.

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.

Athanasiou, K., & Mavrikaki, E. (2014). Conceptual inventory of natural selection as a tool for measuring Greek University Students' evolution knowledge: differences between novice and advanced students. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1262-1285.

Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer H. & Sattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 10, 7–28.

Beniermann, A. (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. *University of Helsinki*, 1–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5798227>

Berlin, C. M., & Kisida, B. (2015). Science standards, science achievement, and attitudes about evolution. *Educational Policy*, 29(7), 1053-1075.

Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4), 493-503.

Burkhardt Jr, R. W. (2013). Lamarck, evolution, and the inheritance of acquired characters. *Genetics*, 194(4), 793-805.

Chan, C., Burtis, J. & Bereiter C. (1997). Knowledge Building as a Mediator of Conflict in Conceptual Change. *Cognition and Instruction*, 15, 1–40.

- Chen, Q., Yan, W., & Duan, E. (2016). Epigenetic inheritance of acquired traits through sperm RNAs and sperm RNA modifications. *Nature Reviews Genetics*, 17(12), 733-743.
- Cunningham, D. L., & Wescott, D. J. (2009). Still more “fancy” and “myth” than “fact” in students’ conceptions of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 505-517.
- Delisle, R. G. (2014). Evolution in a fully constituted world: Charles Darwin's debts towards a static world in the Origin of Species (1859). *Endeavour*, 38(3-4), 197-210.
- Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. *American Biology Teacher*, 35 (3), 125–129.
- Dole, J. A. & Sinatra. G. M. (1998). Reconceptualizing Change in the Cognitive Construction of Knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2/3), 109–128.
- Donnelly, L. A., Kazempur, M. & Amirshokohi, A. (2009). High School Students' Perceptions of Evolution Instruction: Acceptance and Evolution Learning Experiences. *Res Sci Educ*, 39, 643–660.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E. & Eliovitch, R. (1990). Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change - Some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555–569.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 35(6), 671–688.
- Eder, E., Turic, K., Milansowszky, N., Adizin, K. V. & Hergovich, A. (2011). The Relationships Between Paranormal Belief, Creationism, Intelligent Design and Evolution at Secondary Schools in Vienna (Austria). *Sci & Educ*, 20, 517–534.
- Feng, S., Jacobsen, S. E., & Reik, W. (2010). Epigenetic reprogramming in plant and animal development. *Science*, 330(6004), 622-627.

Flanagan, J. C., & Roseman, J. E. (2011). Assessing middle and high school students' understanding of evolution with standards-based items. In *National Association of Research in Science Teaching (NARST) Annual Conference*, Orlando, FL. Abgerufen von http://www.project2061.org/publications/2061connections/2011/media/flanagan-roseman_narst_2011.pdf.

Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1–13.

Hodgson, G. M., & Knudsen, T. (2006). Dismantling Lamarckism: why descriptions of socio-economic evolution as Lamarckian are misleading. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(4), 343-366.

Ingram, E. L., & Nelson, C. E. (2005). Relationship between achievement and students' acceptance of evolution or creation in an upper-level evolution course. *Journal of research in science teaching*, 43(1), 7-24.

Jensen, M. S. & Finley F. N. (1995). Teaching Evolution Using Historical Arguments in a Conceptual Change Strategy. *Science Education*, 79(2), 147–166.

Johannsen, M. & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *Ber. Inst. Didaktik Biologie*, 14, 23–48.

Kampourakis, K., & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27-47.

Kelemen, D., & Rosset, E. (2009). The human function compunction: Teleological explanation in adults. *Cognition*, 111(1), 138-143.

Kim, S. Y., & Nehm, R. H. (2011). A cross-cultural comparison of Korean and American science teachers' views of evolution and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 33(2), 197-227.

Konnemann, C., Asshoff, R. & Hammann, M. (2012). Einstellungen zur Evolutionstheorie: Theoretische und messtheoretische Klärungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 18, 55–79.

Krosnick, J. A. (1991). Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures in surveys. *Applied cognitive psychology*, 5(3), 213-236.

Kuschmierz, P., Meneganzin, A., Pinxten, R., Pievani, T., Cvetković, D., Mavrikaki, E., Graf, D. & Beniermann, A. (2020). Towards common ground in measuring acceptance of evolution and knowledge about evolution across Europe: a systematic review of the state of research. *Evolution: Education and Outreach*, 13(1), 1-24.

Laats, A. (2021). An enternal monkey trail? Evolution and creationism in U.S. schools. *Phi Delta Kappan*, 102 (5), 24–28.

Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 357–380.

Menold, N., & Bogner, K. (2015). Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen. *GESIS-Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften*, 1–13.

Miller, J. D., Scott, E. C., & Okamoto, S. (2006). Public acceptance of evolution. *Science*, 313(5788), 765-766.

Murray, F. B. (1983). Equilibration as cognitive conflict. *Developmental Review*, 3, 54–61.

Nadelson, L. S., & Southerland, S. (2012). A more fine-grained measure of students' acceptance of evolution: development of the Inventory of Student Evolution Acceptance—I-SEA. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637-1666.

Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 237-256.

Noguera-Solano, R., Rodríguez-Caso, J. M., & Ruiz-Gutiérrez, R. (2021). The Evolutionary Thought of Jean-Baptiste Lamarck. *Science & Education*, 30(4), 909-929.

Parsley, K. M. (2020). Plant awareness disparity: A case for renaming plant blindness. *Plants, People, Planet*, 2(6), 598-601.

Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167–199.

Pittman, P. J., & Teske, J. K. (2017). Examining natural selection by sketching and making models of the finches of the Galapagos Islands. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 2(2), 4.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. Hertzog, A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211–227.

Rector, M. A., Nehm, R. H., & Pearl, D. (2013). Learning the language of evolution: lexical ambiguity and word meaning in student explanations. *Research in Science Education*, 43, 1107-1133.

Roemer, I., Reik, W., Dean, W., & Klose, J. (1997). Epigenetic inheritance in the mouse. *Current Biology*, 7(4), 277-280.

Romine, W. L., Todd, A. N., & Walter, E. M. (2018). A closer look at the items within three measures of evolution acceptance: analysis of the MATE, I-SEA, and GAENE as a single corpus of items. *Evolution: Education and Outreach*, 11(1), 1-20.

Rufo, F., Capocasa, M., Marcari, V., D'arcangelo, E., & Danubio, M. E. (2013). Knowledge of evolution and human diversity: a study among high school students of Rome, Italy. *evolution: education and outreach*, 6, 1-10.

Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (1999). The development and validation of the measure of acceptance of the theory of evolution instrument. *School Science and Mathematics*, 99(1), 13-18.

Scheuch, M., Amon, H., Hoffmeister, P., Scheibstock, J. & Bauer, H. (2017). „Evolution – Ein Roter Faden für die Schule“ Kumulatives Lernen von Variation und Selektion in Sekundarstufe I und II. *Plus Lucis*, 14-18.

Siegler, R. S. (1983). Five generalizations about cognitive development. *American Psychologist*, 38(3), 263–277.

Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F. & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 510–528.

Smith, M. U., Snyder, S. W., & Devereaux, R. S. (2016). The GAENE—generalized acceptance of evolution evaluation: development of a new measure of evolution acceptance. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1289-1315.

Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85(4), 328-348.

To, C., Tenenbaum, H. R., & Hogh, H. (2017). Secondary school students' reasoning about evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 247-273.

Van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher–Student Interaction: A Decade of Research. *Educational psychological Review*, 22, 271–296.

Ward, P., Clark, T., Zabriskie, R., & Morris, T. (2014). Paper/pencil versus online data collection: An exploratory study. *Journal of Leisure Research*, 46(1), 84-105.

Wescott, D. J. & Cunningham, D. L. (2005). Recognizing Student Misconceptions about Science and Evolution. *MountainRise*, 2–6.

Internetquellen:

AHS Rahlgasse. (2008). *Schulprofil*. <https://www.ahs-rahlsgasse.at/index.php/start-mainmenu-1/schulprofil-mainmenu-67>

Benning, V. (2020). *Cramers V verstehen, berechnen und interpretieren*. In Scribbr. <https://www.scribbr.at/statistik-at/cramersv/#:~:text=Cramers%20V%20gibt%20Auskunft%20%C3%BCber,einen%20perfekten%20statistischen%20Zusammenhang%20gibt>.

Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. (o.J.). *Metaphysisch*. In DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. <https://www.dwds.de/wb/metaphysisch>

COST – European Cooperation in Science & Technology. (o.J.). CA17127 - *Building on scientific literacy in evolution towards scientifically responsible Europeans (EuroScitizen)*. <https://www.cost.eu/actions/CA17127/#tabs+Name:Beschreibung>

German National Academy of Sciences Leopoldina. (2017). *Teaching evolutionary biology at schools and universities*. In Deutsche Akademie der Naturforscher

Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften.
<https://www.leopoldina.org/en/publications/detailview/publication/teaching-evolutionary-biology-at-schools-and-universities-2017/>

Hemmerich, W. A. (2023). *Hauptkomponentenanalyse: Auswerten und Berichten*. In StatistikGuru. <https://statistikguru.de/spss/hauptkomponentenanalyse/auswerten-und-berichten.html#:~:text=Rotierte%20Komponentenmatrix,so%20wie%20Korrelationen%20interpretiert%20werden>.

Kirchner, F. & Michaëlis, C. (1907). *Wörterbuch der philosophischen Grundbegriffe*. <http://www.zeno.org/Kirchner-Michaelis-1907/A/Theismus>

RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes. (2023). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen*. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

Sica, J. (2023). *Zum Jahreswechsel wurden in Europa Temperaturrekorde geknackt*. In Der Standard. <https://www.derstandard.at/story/2000142271659/zum-jahreswechsel-wurden-in-europa-temperaturrekorde-geknackt>

Stangl, W. (2022). *Phänotyp*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/7477/phaenotyp>

Stangl, W. (2023). *Epistemologie*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/8310/epistemologie>

Stangl, W. (2023). *Konstruktivismus*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/194/konstruktivismus>

Stangl, W. (2023). *Metakognition*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/4068/metakognition>

Stangl, W. (2023). *Ontologie*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/15645/ontologie>

Stangl, W. (2023). *Satisficing*. In Online-Lexikon für Psychologie und Pädagogik. <https://lexikon.stangl.eu/24474/satisficing>

Wirtz, M. A. (o.J.). *Anthropomorph*. In Dorsch: Lexikon der Psychologie. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/anthropomorph>

10. Abstract

Deutsch:

Mit dem Ziel, die Veränderungen der Schüler*innenvorstellungen zur Evolution in der gesamten Sekundarstufe zu erheben, wurde eine quantitative Befragung durchgeführt. Hierfür wurde ein Fragebogen aus den von der Literatur zur Verfügung gestellten Items zusammengestellt. Die Ergebnisse zeigen einen fachlichen Wissenszuwachs mit steigender Schulstufe, jedoch nicht im befriedigenden Maße. Der gleichzeitig nur geringe Rückgang der anderen Alltagsvorstellungen zeigt, dass parallele Wissensstände seitens der Schüler*innen existieren. Außerdem deutet das festgestellte inkonsistente Antwortverhalten auf fehlende inhaltliche Verknüpfungen hin. Aus diesem Grund sind eine Überarbeitung und Weiterentwicklung des österreichischen Curriculums für die nahe Zukunft wünschenswert.

Englisch:

A quantitative survey was carried out with the aim of ascertaining the changes in students' understanding of evolution in secondary education. For this purpose, a questionnaire was compiled from the items provided by the literature. The results show an increase in professional knowledge with increasing school level, but not to a satisfactory extent. At the same time, the only slight decline in concepts shows that there exist parallel levels of knowledge on the part of the students. In addition, the asserted inconsistent response behaviour indicates a lack of content-related nexuses. For this reason, a revision and further development of the Austrian curriculum in the near future is desirable.

11. Anhang

11.1. Erhebung der Vorstellungen zur Evolution

Diese Tabelle stellt die Grundlage der Erstellung des Fragebogens dar. Auf dieser Literatur basierend wurden die Items ausgewählt. In der Tabelle sind aufgelistet: die Autoren, das Jahr der Veröffentlichung, die Schulstufe, die Anzahl der Stichprobe, das Land, in dem die Untersuchung durchgeführt wurde, die Forschungsmethode und den Forschungsbereich. Die Studien wurden nach dem Publikationsjahr geordnet.

Tabelle 30: Studien, die sich mit der Erhebung von Vorstellungen zur Evolution beschäftigen

Autoren	Schulstufe/ Stichprobe	Land	Forschungs- methode	Erhebung
Rutledge & Warden 1999	Lehrpersonen / 552	USA	qualitativ + quantitativ	Entwicklung und Analyse MATE-Fragebogen
Southerland et al. 2001	2 + 5 + 8 + 12 / 96	USA	qualitativ	Schüler*innenvorstellungen zu evolutionären Prozessen (Finalismus, Kreationismus, Anthropomorphismus)
Baalmann et al. 2004	11. – 13. / 10	D	qualitativ	Schüler*innenvorstellungen zu Prozessen der Anpassung (Items: Kreationismus, Darwin, Mutation)
Ingram & Nelson 2005	Universität	USA	quantitativ	Einfluss der Akzeptanz der Evolution oder des Kreationismus auf die Leistung der Student*innen
Johannsen & Krüger 2005	10. – 12. / 306	D	quantitativ	Schüler*innenvorstellungen zur Evolution (Items: Darwin, Finalismus, Anthropomorphismus, Religion, Mutation)
Wescott & Cunningham 2005	Universität / 542	USA	quantitativ	Erkennung von Fehlvorstellungen in der Evolution und den

				Naturwissenschaften (<u>Items</u> : Darwin, Lamarck, Variation, Mutation, teleologische Evolution)
Kampourakis & Zogza 2008	9. Schulstufe / 98	GR	qualitativ	Schüler*innenvorstellungen zur Evolution (Finalismus, Darwin, Kreationismus, Anthropomorphismus)
Donnelly et al. 2009	Sek. 1 + 2 / 33	USA	quantitativ + qualitativ	Akzeptanz der Evolution, Lernerfahrungen und ob Evolution gelehrt werden soll
Eder et al. 2011	Sek. 1 + 2 / 2166	AT (Wien)	quantitativ	Zusammenhang von intelligent Design und Kreationismus mit paranormalem Glauben (<u>Items</u> : intelligent Design, Kreationismus, paranormaler Glaube, Darwin, Zauberei, Aberglaube, Spiritualität)
Flanagan & Roseman 2011	Sek. 1 + 2 / 9419	USA	quantitativ	Schüler*innenvorstellungen zur natürlichen Selektion, Abstammung, kontinuierliche Umweltveränderungen, Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Arten (<u>Items</u> : Darwin, Anthropomorphismus, Finalismus, Lamarckismus)
Athanasiou et al. 2012	Universität / 317	GR (Athen)	quantitativ (MATE)	Akzeptanz und Verständnis der Evolutionstheorie; Verhältnis von Akzeptanz und Verständnis der Natur von Wissenschaft
Konnemann 2012	-	-	-	Einstellungen zur Evolutionstheorie; Akzeptanz

				der Evolution; Vergleich mehrere Studien, die die Fragebögen MATE & EAS verwenden
Lammert 2012	Sek 1 / 3969	D	quantitativ	Vorstellungen zur Evolution (<u>Items</u> : Darwin, Finalismus, Lamarckismus)
Nadelson & Southerland 2012	Sek. 2 / 87 Universität / 226	USA	quantitativ (I-SEA)	Akzeptanz der Evolution (<u>Items</u> : Makroevolution, Mikroevolution, Evolution des Menschen)
Fenner 2013	9. + 10. / 710	D	quantitativ	Schüler*innenvorstellungen zur Evolutionstheorie (<u>Items</u> : Darwin, Finalismus, Lamarckismus, Artkonzepte, Mutation)
Athanasiou & Macarikaki 2014	Universität	GR (Athen)	quantitativ (CINS)	Wissen über die Evolution und die natürliche Selektion (<u>Items</u> : Darwin, Finalismus)
Brennecke 2014	7. Schulstufe / 117	D	qualitativ + quantitativ	Schüler*innenvorstellungen zur evolutionären Anpassung (<u>Items</u> : Darwin, Finalismus, Lamarckismus, Anthropomorphismus)
Smith et al. 2016	Sek. 2 + Universität / < 600	USA	qualitativ + quantitativ	Akzeptanz der Evolution; Analyse des Fragebogens GAENE
Dunk et al. 2017	Universität / 284	USA	quantitativ (MATE)	Multifaktorielle Analyse der Akzeptanz der Evolution (<u>Items</u> : evolutionäres Wissen, Religiosität, Verständnis der Natur der Naturwissenschaften)
Romine et al. 2018	Universität / 452	USA	quantitativ	Akzeptanz der Evolution
Beniermann	Alter: 12-89 /	D, AT,	quantitativ	Akzeptanz der Evolution

2019	10018	CH		(Items: Kreationismus, Darwin, Anthropomorphismus, Finalismus, Lamarckismus)
Alanazi 2021	12. / 107	Saudi Arabia	quantitativ + qualitativ	Akzeptanz der Evolution; Lernerfahrungen zur Evolutionstheorie; Lehre der Evolution
Scheuch et al. 2021	8. – 12. / 4	AT	qualitativ	Konzepte der Schüler*innen von Variation und Veränderung

11.2. Fragebogen

1. Wähle dein Geschlecht aus.

weiblich

männlich

divers (weder weiblich noch männlich)

2. Wie alt bist du?

Ich bin Jahre alt.

3. Ich gehe in die

[Bitte auswählen]

[Bitte auswählen]

1. Klasse (Gymnasium).
2. Klasse (Gymnasium).
3. Klasse (Gymnasium).
4. Klasse (Gymnasium).
5. Klasse (Gymnasium).
6. Klasse (Gymnasium).
7. Klasse (Gymnasium).
8. Klasse (Gymnasium).

s ist

4. Mein Glaubensbekenntnis ist

römisch-katholisch

christlich-orthodox

muslimisch

evangelisch

alevitisch

freikirchlich

buddhistisch

atheistisch

ohne Bekenntnis

anderes und zwar

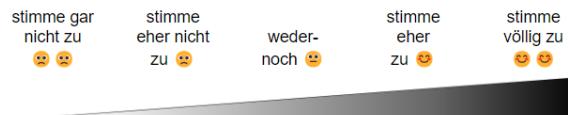
Mit wenigen Ausnahmen sind die Lebewesen auf der Erde zur selben Zeit entstanden.

Das Alter der Erde beträgt weniger als 20.000 Jahre.

Die Evolution ist falsch, da sie nicht mit der Bibel übereinstimmt.

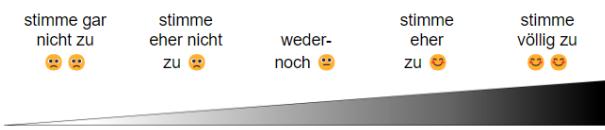
Es ist möglich die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich zu beweisen.

Meine Religion ist mir sehr wichtig.



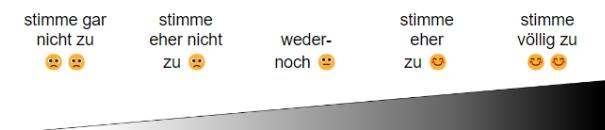


Eine Art verändert sich, weil die einzelnen Lebewesen sich entwickeln wollen.



Gänseblümchen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.

Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.



Anpassung geschieht, weil die einzelnen Lebewesen sich anpassen müssen.

5. Bei den Menschen haben sich über Generationen bestimmte Körperteile stärker ausgeprägt, weil sie diese aus Notwendigkeit viel intensiver beansprucht haben.

Das kann ich mir so

[Bitte auswählen]

[Bitte auswählen]

vollständig vorstellen.
überwiegend vorstellen.
teilweise vorstellen.
kaum vorstellen.
gar nicht vorstellen

Bildungswissenschaften, Universität Wien – 2022

Venusfliegenfallen sind fleischfressende Pflanzen. Sie kommen auf Böden mit nur wenigen Mineralstoffen vor. Mit Hilfe ihrer speziell gebildeten Fangblätter können sie sich zusätzlich von Insekten ernähren. Dadurch ist die Mineralstoffversorgung verbessert und die Pflanzen können wachsen.



54

Wie haben sich die Fangblätter im Laufe der Zeit entwickelt?

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

a) Einige Venusfliegenfallen bemerkten den Mineralstoffmangel und bildeten daraufhin die Blätter zu Fangblättern um. Dadurch konnten sie sich zusätzlich von Insekten ernähren und besser überleben.

b) Die Venusfliegenfallen bekamen aufgrund des Mineralstoffmangels automatisch Fangblätter. Somit hatten sie einen Überlebensvorteil.

c) Die Natur hat die Venusfliegenfalle an den nährstoffarmen Boden angepasst, damit sie besser wachsen können.

d) Einige Venusfliegenfallen hatten zufällig Fangblätter und konnten sich auf dem nährstoffarmen Boden zusätzlich von Insekten ernähren. Deshalb konnten mehr Venusfliegenfallen mit Fangblättern überleben und sich fortpflanzen.

e) Die Venusfliegenfallen haben sich an den mineralstoffarmen Boden angepasst, damit sie besser wachsen können.

f) Ich weiß es nicht.

⁵⁴ Tityan. (o.J.). Venusfliegenfalle. In Pixbay. <https://pixabay.com/de/photos/venusfliegenfalle-pflanze-natur-6174890/>

Die Vorfahren der Langhalsgiraffen sind die Kurzhalsgiraffen. Diese Giraffen besaßen kurze Hälse. Heute besitzen die Giraffen lange Hälse, sie können dadurch die Blätter aus den Baumwipfeln fressen.



55

Wie kam es zu den langen Hälsen der Giraffen?

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

a) Kurzhalsige Giraffen streckten den Hals, um auch das Futter in höheren Baumwipfeln zu erreichen. Dadurch wurden ihre Hälse automatisch länger und sie vererbten die langen Hälse weiter.

b) Kurzhalsige Giraffen merkten, dass sie ihre Hälse verlängern mussten, damit sie die Blätter von hohen Bäumen abfressen konnten. Also verlängerten sie ihre Hälse und vererbten die langen Hälse weiter.

c) Kurzhalsige Giraffen, die zufällig längere Hälse hatten, erreichten die Blätter von hohen Bäumen leichter als Giraffen mit kürzeren Hälzen. Dadurch konnten sie auch die Blätter von hohen Bäumen abfressen. Die langen Hälse wurden weitervererbt.

d) Kurzhalsige Giraffen veränderten ihre Erbinformation so, dass sie längere Hälse bekamen, um an die Blätter von hohen Bäumen zu kommen. Diese längeren Hälse vererbten sie weiter.

e) Ich weiß es nicht.

⁵⁵ Wilks, H. (o.J.). Giraffe. In Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/giraffe-tier-s%C3%A4ugetierbaum-2191662/>



56

Wie sind die verschiedenen Schnabelformen der Galapagos Finken erstmals entstanden?

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

a) Die Veränderungen der Schnabelgröße und Schnabelform der Finken passierte aufgrund deren Notwendigkeit an verschiedene Arten an Nahrung zu gelangen, um zu überleben.

b) Die Veränderungen der Schnäbel der Finken sind durch Zufall entstanden und jene Vögel, welche ein besseres Verhältnis zwischen Schnabelform und verfügbarer Nahrung hatten, bekamen mehr Nachkommen.

c) Die Veränderungen der Schnäbel der Finken fanden statt, da die Umwelt die gewünschten genetischen Veränderungen herbeiführte.

d) Die Schnäbel der Finken veränderten sich ein wenig in ihrer Größe und Form mit jeder aufeinanderfolgenden Generation, manche wurden größer und manche kleiner.

e) Ich weiß es nicht.

⁵⁶ Blasco, A. (o.J.). *Natural selection and adaptation. Darwin's theories. Adaptive varieties of finches in the Galapagos Islands.* In Shutterstock. <https://www.shutterstock.com/de/image-illustration/natural-selection-adaptation-darwins-theories-adaptive-1959125539>

Geparde können bis zu 104km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen.



57

Wie hat sich die schnellere Laufgeschwindigkeit entwickelt?

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

- a) Die Geparde passten ihre Geschwindigkeit an, damit sie mehr Beute fangen können.
- b) Einige Geparde waren zufällig schneller und konnten mehr Beute fangen. Deshalb konnten mehr schnelle Geparde überleben und sich fortpflanzen.
- c) Die Natur hat die Laufgeschwindigkeit der Geparde angepasst, damit sie mehr Beute fangen können.
- d) Einige Vorfahren der Geparde merkten, dass sie nicht genug Beute fangen konnten, daher erhöhten sie ihre Geschwindigkeit. Dadurch konnten sie mehr Beute fangen und besser überleben.
- e) Die Laufgeschwindigkeit erhöhte sich automatisch, weil sie so mehr Beute fangen konnten. Somit hatten sie einen Überlebensvorteil.
- f) Ich weiß es nicht.

⁵⁷ Zoltan. (o.J.). *Gepard*. In Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/gepard-afrika-namibia-katze-lauf-2859581/>

11.3. Variablenübersicht

Rubrik SD: Soziodemografie

<p>[SD01] <input type="checkbox"/> Auswahl Geschlecht "Wähle dein Geschlecht aus."</p>
<p>SD01 Geschlecht 1 = weiblich 2 = männlich 3 = divers (weder weiblich noch männlich) -9 = nicht beantwortet</p>
<p>[SD02] <input type="checkbox"/> Texteingabe offen Alter "Wie alt bist du?"</p>
<p>SD02_01 <input type="checkbox"/> Ich bin ... Jahre alt. Offene Eingabe (Ganze Zahl)</p>
<p>[SD03] <input type="checkbox"/> Auswahl Glaubensbekenntnis "Mein Glaubensbekenntnis ist"</p>
<p>SD03 Glaubensbekenntnis 1 = römisch-katholisch 2 = christlich-orthodox 3 = muslimisch 4 = evangelisch 5 = alevitisch 6 = freikirchlich 7 = buddhistisch 10 = atheistisch 9 = ohne Bekenntnis 8 = anderes und zwar -9 = nicht beantwortet</p>
<p>SD03_08 anderes und zwar Offene Texteingabe</p>
<p>[SD04] <input type="checkbox"/> Dropdown-Auswahl Klasse "Ich gehe in die"</p>
<p>SD04 Klasse 1 = 1. Klasse (Gymnasium). 2 = 2. Klasse (Gymnasium). 3 = 3. Klasse (Gymnasium). 4 = 4. Klasse (Gymnasium). 5 = 5. Klasse (Gymnasium). 6 = 6. Klasse (Gymnasium). 7 = 7. Klasse (Gymnasium). 8 = 8. Klasse (Gymnasium). -9 = nicht beantwortet</p>

Rubrik AD: anthropomorphe Denkweise

[AD02] □ Skala (Zwischenwerte beschriftet)
Lebewesen wollen sich entwickeln

AD02_01 Eine Art verändert sich, weil die einzelnen Lebewesen sich entwickeln wollen.

- 1 = stimme gar nicht zu ☹☹
- 2 = stimme eher nicht zu ☹
- 3 = weder noch ☺
- 4 = stimme eher zu ☺
- 5 = stimme völlig zu ☺☺
- 9 = nicht beantwortet

Rubrik DW: Darwin

[DW01] □ Skala (Zwischenwerte beschriftet)
Mensch/Pflanzen Produkt evolutionärer Prozesse

DW01_01 Die modernen Menschen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.

DW01_02 Gänseblümchen haben sich in evolutionären Prozessen über mehrere Millionen Jahre entwickelt.

- 1 = stimme gar nicht zu ☹☹
- 2 = stimme eher nicht zu ☹
- 3 = weder noch ☺
- 4 = stimme eher zu ☺
- 5 = stimme völlig zu ☺☺
- 9 = nicht beantwortet

Rubrik FN: Finalismus/Notwendigkeit

[FN01] □ Skala (Zwischenwerte beschriftet)
Lebewesen müssen sich anpassen.

FN01_01 Anpassung geschieht, weil die einzelnen Lebewesen sich anpassen müssen.

- 1 = stimme gar nicht zu ☹☹
- 2 = stimme eher nicht zu ☹
- 3 = weder noch ☺
- 4 = stimme eher zu ☺
- 5 = stimme völlig zu ☺☺
- 9 = nicht beantwortet

Rubrik KD: Kreationistische Denkweise

[KD01] □ Skala (Zwischenwerte beschriftet)
Wichtigkeit Religion

KD01_01 Meine Religion ist mir sehr wichtig.

KD01_02 Es ist möglich die Evolution der Lebewesen wissenschaftlich zu beweisen.

KD01_03 Das Alter der Erde beträgt weniger als 20.000 Jahre.

KD01_04 Die Evolution ist falsch, da sie nicht mit der Bibel übereinstimmt.

KD01_05 Mit wenigen Ausnahmen sind die Lebewesen auf der Erde zur selben Zeit entstanden.

- 1 = stimme gar nicht zu ☹☹
- 2 = stimme eher nicht zu ☹
- 3 = weder noch ☺
- 4 = stimme eher zu ☺
- 5 = stimme völlig zu ☺☺
- 9 = nicht beantwortet

Rubrik LK: Lamarckische Denkweise

[LK01] Dropdown-Auswahl

intensivere Beanspruchung von Körperteilen

"Bei den Menschen haben sich über Generationen bestimmte Körperteile stärker ausgeprägt, weil sie diese aus N..."

LK01 intensivere Beanspruchung von Körperteilen

- 1 = vollständig vorstellen.
- 2 = überwiegend vorstellen.
- 3 = teilweise vorstellen.
- 4 = kaum vorstellen.
- 5 = gar nicht vorstellen
- 9 = nicht beantwortet

Rubrik SC: Single Choice

[SC01] Auswahl

Giraffen

"Die Vorfahren der Langhalsgiraffen sind die Kurzhalsgiraffen. Diese Giraffen besaßen kurze Hälse. Heute besi..."

SC01 Giraffen

- 1 = a) Kurzhalsige Giraffen streckten den Hals, um auch das Futter in höheren Baumwipfeln zu erreichen. Dadurch wurden ihre Hälse automatisch länger und sie vererbteten die langen Hälse weiter.
- 2 = b) Kurzhalsige Giraffen merkten, dass sie ihre Hälse verlängern mussten, damit sie die Blätter von hohen Bäumen abfressen konnten. Also verlängerten sie ihre Hälse und vererbteten die langen Hälse weiter.
- 3 = c) Kurzhalsige Giraffen, die zufällig längere Hälse hatten, erreichten die Blätter von hohen Bäumen leichter als Giraffen mit kürzeren Hälzen. Dadurch konnten sie auch die Blätter von hohen Bäumen abfressen. Die langen Hälse wurden weitervererbt.
- 4 = d) Kurzhalsige Giraffen veränderten ihre Erbinformation so, dass sie längere Hälse bekamen, um an die Blätter von hohen Bäumen zu kommen. Diese längeren Hälse vererbteten sie weiter.
- 5 = e) Ich weiß es nicht.
- 9 = nicht beantwortet

[SC02] Auswahl

Geparde

"Geparde können bis zu 104km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Ges..."

SC02 Geparde

- 1 = a) Die Geparde passten ihre Geschwindigkeit an, damit sie mehr Beute fangen können.
- 2 = b) Einige Geparde waren zufällig schneller und konnten mehr Beute fangen. Deshalb konnten mehr schnelle Geparde überleben und sich fortpflanzen.
- 3 = c) Die Natur hat die Laufgeschwindigkeit der Geparde angepasst, damit sie mehr Beute fangen können.
- 4 = d) Einige Vorfahren der Geparde merkten, dass sie nicht genug Beute fangen konnten, daher erhöhten sie ihre Geschwindigkeit. Dadurch konnten sie mehr Beute fangen und besser überleben.
- 5 = e) Die Laufgeschwindigkeit erhöhte sich automatisch, weil sie so mehr Beute fangen konnten. Somit hatten sie einen Überlebensvorteil.
- 6 = f) Ich weiß es nicht.
- 9 = nicht beantwortet

[SC03] □ Auswahl**Venusfliegenfalle**

"Venusfliegenfallen sind fleischfressende Pflanzen. Sie kommen auf Böden mit nur wenigen Mineralstoffen vor. ..."

SC03 Venusfliegenfalle

- 1 = a) Einige Venusfliegenfallen bemerkten den Mineralstoffmangel und bildeten daraufhin die Blätter zu Fangblättern um. Dadurch konnten sie sich zusätzlich von Insekten ernähren und besser überleben.
- 2 = b) Die Venusfliegenfallen bekamen aufgrund des Mineralstoffmangels automatisch Fangblätter. Somit hatten sie einen Überlebensvorteil.
- 3 = c) Die Natur hat die Venusfliegenfalle an den nährstoffarmen Boden angepasst, damit sie besser wachsen können.
- 4 = d) Einige Venusfliegenfallen hatten zufällig Fangblätter und konnten sich auf dem nährstoffarmen Boden zusätzlich von Insekten ernähren. Deshalb konnten mehr Venusfliegenfallen mit Fangblättern überleben und sich fortpflanzen.
- 5 = e) Die Venusfliegenfallen haben sich an den mineralstoffarmen Boden angepasst, damit sie besser wachsen können.
- 6 = f) Ich weiß es nicht.
- 9 = nicht beantwortet

[SC04] □ Auswahl**Galapagos-Finken**

"Wie sind die verschiedenen Schnabelformen der Galapagos Finken erstmals entstanden?"

SC04 Galapagos-Finken

- 1 = a) Die Veränderungen der Schnabelgröße und Schnabelform der Finken passierte aufgrund deren Notwendigkeit an verschiedene Arten an Nahrung zu gelangen, um zu überleben.
- 2 = b) Die Veränderungen der Schnäbel der Finken sind durch Zufall entstanden und jene Vögel, welche ein besseres Verhältnis zwischen Schnabelform und verfügbarer Nahrung hatten, bekamen mehr Nachkommen.
- 3 = c) Die Veränderungen der Schnäbel der Finken fanden statt, da die Umwelt die gewünschten genetischen Veränderungen herbeiführte.
- 4 = d) Die Schnäbel der Finken veränderten sich ein wenig in ihrer Größe und Form mit jeder aufeinanderfolgenden Generation, manche wurden größer und manche kleiner.
- 5 = e) Ich weiß es nicht.
- 9 = nicht beantwortet

11.4. Ergebnisse

Tabelle 31: Häufigkeitstabelle aller Items

		SD01: Geschlecht			Gesamt
		weiblich	männlich	divers	
Klasse	1. Klasse	25	21	0	46
	2. Klasse	7	7	0	14
	3. Klasse	17	4	1	22
	4. Klasse	24	18	1	43
	5. Klasse	26	24	1	51
	6. Klasse	13	20	0	33
	7. Klasse	18	15	0	33
	8. Klasse	10	10	1	21
Gesamt		140	119	4	263

SD02_01: Alter in Jahre													Gesamt
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Gesamt
Klasse	1. Klasse	27	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
	2. Klasse	0	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	3. Klasse	0	0	19	3	0	0	0	0	0	0	0	22
	4. Klasse	0	0	0	31	11	1	0	0	0	0	0	43
	5. Klasse	0	0	0	1	34	15	1	0	0	0	0	51
	6. Klasse	0	0	0	0	0	26	6	1	0	0	0	33
	7. Klasse	0	0	0	0	0	0	25	7	1	0	0	33
	8. Klasse	0	0	0	0	0	0	0	11	9	1	21	
Gesamt		27	28	24	35	45	42	32	19	10	1	263	

SD03: Glaubensbekenntnis

Gesamt

	römisch-katholisch	christlich-orthodox	muslimisch	evangelisch	alevitisch	buddhistisch	anders	ohne Bekenntnis	atheistisch		
Klasse	1. Klasse	15	1	2	1	0	0	0	27	0	46
	2. Klasse	4	0	1	0	0	0	1	8	0	14
	3. Klasse	11	2	0	0	3	0	0	6	0	22
	4. Klasse	7	3	1	6	0	1	1	24	0	43
	5. Klasse	15	2	2	3	0	0	5	22	2	51
	6. Klasse	10	0	0	2	0	0	1	19	1	33
	7. Klasse	9	0	3	3	0	0	1	15	2	33
	8. Klasse	2	1	3	0	0	0	0	9	6	21
Gesamt		73	9	12	15	3	1	9	130	11	263

	SD03_08: Glaubensbekenntnis anders							Gesamt
	armenisch-apostolisch	armenisch-orthodox	Durzi	Hinduismus	Jehovas Zeugen	jüdisch	Zeuge Jehovahs	
Klasse	1. Klasse	46	0	0	0	0	0	46
	2. Klasse	13	0	0	0	0	1	0
	3. Klasse	22	0	0	0	0	0	22
	4. Klasse	42	0	0	0	0	1	0
	5. Klasse	46	1	2	1	0	0	1
	6. Klasse	32	0	0	0	1	0	0
	7. Klasse	32	0	0	0	1	0	0
	8. Klasse	21	0	0	0	0	0	21
Gesamt		254	1	2	1	1	2	1
								263

	DW01_01: Evolution Mensch					Gesamt	DW01_01: Evolution Pflanze					Gesamt
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	
Klasse	1. Klasse	2	0	10	15	46	1	14	12	14	5	46
	2. Klasse	1	1	2	3	14	2	0	5	7	0	14
	3. Klasse	3	1	1	10	7	22	2	4	8	6	22
	4. Klasse	4	3	5	16	43	0	8	18	16	1	43
	5. Klasse	1	3	1	25	21	51	0	6	21	20	451
	6. Klasse	1	2	1	11	18	33	0	4	10	13	633

	7. Klasse	3	2	6	7	15	33	4	3	6	16	4	33
	8. Klasse	0	0	1	5	15	21	0	1	1	8	11	21
Gesamt		15	12	27	92	117	263	9	40	81	100	33	263
KD01_02: Evolution beweisen													
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	
Klasse	1. Klasse	0	1	10	20	15	46	8	9	11	17	1	46
	2. Klasse	1	0	1	7	5	14	1	5	3	4	1	14
	3. Klasse	1	0	1	9	11	22	6	5	4	6	1	22
	4. Klasse	1	0	3	26	13	43	5	10	10	14	4	43
	5. Klasse	1	1	2	23	24	51	7	14	7	19	4	51
	6. Klasse	0	0	0	12	21	33	10	8	5	9	1	33
	7. Klasse	0	2	1	14	16	33	20	6	2	4	1	33
	8. Klasse	0	0	0	6	15	21	9	5	3	4	0	21
Gesamt		4	4	18	117	120	263	66	62	45	77	13	263
FN01_01: Finalismus													
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	kann ich mir vollständig vorstellen	kann ich mir überwiegend vorstellen	kann ich mir teilweise vorstellen	kann ich mir kaum vorstellen	kann ich mir gar nicht vorstellen	Gesamt	
Klasse	1. Klasse	1	3	10	17	15	46	12	15	14	3	2	46
	2. Klasse	0	1	0	9	4	14	4	4	5	1	0	14
	3. Klasse	3	4	0	10	5	22	8	9	3	0	2	22
	4. Klasse	0	1	2	24	16	43	14	15	13	1	0	43
	5. Klasse	1	3	1	27	19	51	16	25	9	1	0	51
	6. Klasse	0	2	3	19	9	33	16	13	3	1	0	33
	7. Klasse	2	2	6	14	9	33	18	8	5	0	2	33
	8. Klasse	1	2	3	7	8	21	9	9	2	1	0	21
Gesamt		8	18	25	127	85	263	97	98	54	8	6	263
KD01_01: Wichtigkeit Religion													
	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	
Klasse	1. Klasse	14	8	13	3	8	46	31	6	3	3	3	46

2. Klasse	6	2	2	2	2	14	9	3	0	2	0	14
3. Klasse	7	2	5	4	4	22	11	8	1	0	2	22
4. Klasse	20	7	11	2	3	43	31	9	1	0	2	43
5. Klasse	25	4	8	9	5	51	37	6	2	6	0	51
6. Klasse	20	5	6	2	0	33	33	0	0	0	0	33
7. Klasse	14	6	5	3	5	33	27	3	3	0	0	33
8. Klasse	12	1	2	3	3	21	21	0	0	0	0	21
Gesamt	118	35	52	28	30	263	200	35	10	11	7	263

		KD01_04: biblische Schöpfung					KD01_05: gleichzeitige Entstehung						
		stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	weder noch	stimme eher zu	stimme völlig zu	Gesamt
Klasse	1. Klasse	23	5	13	3	2	46	17	15	4	9	1	46
	2. Klasse	9	1	4	0	0	14	8	3	2	0	1	14
	3. Klasse	11	1	4	2	4	22	8	7	2	1	4	22
	4. Klasse	31	7	4	0	1	43	19	13	5	6	0	43
	5. Klasse	38	2	7	3	1	51	20	15	4	10	2	51
	6. Klasse	30	1	2	0	0	33	14	12	3	4	0	33
	7. Klasse	28	3	1	1	0	33	18	7	5	2	1	33
	8. Klasse	20	0	0	0	1	21	13	2	2	3	1	21
Gesamt		190	20	35	9	9	263	117	74	27	35	10	263

		SC01: Giraffen					SC02: Geparde							
		Lamarckismus	Anthropomorphismus	Darwin	Finalismus	Ich weiß es nicht	Gesamt	Finalismus	Darwin	kreationistische Denkweise	Anthropomorphismus	automatisch	Ich weiß es nicht	Gesamt
Klasse	1. Klasse	5	2	14	13	12	46	15	6	12	3	8	2	46
	2. Klasse	1	1	2	6	4	14	4	0	4	0	5	1	14
	3. Klasse	4	3	4	6	5	22	6	6	3	1	4	2	22
	4. Klasse	5	5	11	17	5	43	8	8	9	2	12	4	43
	5. Klasse	9	1	22	11	8	51	7	13	12	5	9	5	51
	6. Klasse	3	4	17	7	2	33	7	13	5	1	6	1	33

7. Klasse	1	5	17	1	9	33	1	10	8	3	7	4	33
8. Klasse	2	0	14	5	0	21	3	13	2	1	2	0	21
Gesamt	30	21	101	66	45	263	51	69	55	16	53	19	263

		SC03: Venusfliegenfallen						SC04: Galapagos-Finken						
		Anthropomorphismus	automatisch	kreationistische Denkweise	Darwin	Finalismus	Ich weiß es nicht	Gesamt	Finalismus	Darwin (sexuelle Selektion, Mutation)	kreationistische Denkweise	Darwin (sexuelle Fortpfl.)	Ich weiß es nicht	Gesamt
Klasse	1. Klasse	13	5	6	5	6	11	46	x	x	x	x	x	x
	2. Klasse	1	2	3	1	2	5	14	5	2	2	1	4	14
	3. Klasse	2	3	4	1	8	4	22	9	2	4	4	3	22
	4. Klasse	8	9	7	0	13	6	43	24	1	5	5	8	43
	5. Klasse	12	1	11	7	7	13	51	26	5	2	5	13	51
	6. Klasse	3	3	7	4	11	5	33	18	7	3	3	2	33
	7. Klasse	6	3	3	5	10	6	33	17	6	3	2	5	33
	8. Klasse	3	2	1	11	2	2	21	7	8	3	2	1	21
Gesamt		48	28	42	34	59	52	263	106	31	22	22	36	217

11.5. Korrelationen

Tabelle 32: Korrelationen aller Items

SD01 + SD03		SD01 + SD03_08		SD01 + DW01_02		SD01 + KD01_02		SD01 + KD01_01	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl.	Phi	0,573	0,000	0,172	0,454	0,266	0,018	0,122	0,866
Nominalmaß	Cramer-V	0,405	0,000	0,122	0,454	0,188	0,018	0,086	0,866
	Kontingenzkoeffizient	0,497	0,000	0,170	0,454	0,257	0,018	0,121	0,866
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	
SD01 + AD02_01		SD01 + FN01_01		SD01 + LK01		SD01 + KD01_05		SD01 + SC01	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl.	Phi	0,135	0,779	0,139	0,748	0,149	0,665	0,209	0,177
Nominalmaß	Cramer-V	0,095	0,779	0,098	0,748	0,105	0,665	0,148	0,177
	Kontingenzkoeffizient	0,134	0,779	0,138	0,748	0,147	0,665	0,204	0,177
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	
SD01 + KD01_03		SD01 + KD01_04		SD01 + SC04		KD01_01 + KD01_05		SD01 + SD04	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl.	Phi	0,213	0,154	0,157	0,592	0,191	0,439	0,332	0,024
Nominalmaß	Cramer-V	0,151	0,154	0,111	0,592	0,135	0,439	0,166	0,024
	Kontingenzkoeffizient	0,208	0,154	0,155	0,592	0,188	0,439	0,315	0,024
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	

SD01 + SC02		SD01 + SC03		KD01_01 + KD01_03		KD01_01 + KD01_04		KD01_01 + DW01_01	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz						
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,212	0,295	0,132	0,918	0,287	0,156	0,508	0,000
	Cramer-V	0,150	0,295	0,093	0,918	0,143	0,156	0,254	0,000
	Kontingenzkoeffizient	0,208	0,295	0,131	0,918	0,276	0,156	0,453	0,000
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	
KD01_01 + DW01_02		KD01_01 + KD01_02		KD01_01 + AD02_01		KD01_01 + SC02		KD01_01 + FN01_01	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz						
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,268	0,273	0,349	0,010	0,332	0,024	0,322	0,126
	Cramer-V	0,134	0,273	0,175	0,010	0,166	0,024	0,161	0,126
	Kontingenzkoeffizient	0,259	0,273	0,330	0,010	0,315	0,024	0,307	0,126
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	
KD01_1 + LK01		KD01_01 + SC01		KD01_01 + SD04		KD01_01 + SD03		KD01_01 + SC03	
Symmetrische Maße									
		Wert	Näherungsweise Signifikanz						
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,334	0,022	0,326	0,032	0,332	0,410	0,845	0,000
	Cramer-V	0,167	0,022	0,163	0,032	0,166	0,410	0,422	0,000
	Kontingenzkoeffizient	0,317	0,022	0,310	0,032	0,315	0,410	0,645	0,000
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263	
KD01_01 + SC04		KD01_02 + KD01_04		KD01_02 + KD01_05		KD01_02 + DW01_01		KD01_01 + SD03_08	

Symmetrische Maße										
	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert							
Nominal- bzgl. Phi	0,319	0,142	0,494	0,000	0,315	0,053	0,463	0,000	0,397	0,048
Nominalmaß										
Cramer-V	0,159	0,142	0,247	0,000	0,157	0,053	0,232	0,000	0,199	0,048
Kontingenzkoeffizient	0,304	0,142	0,443	0,000	0,300	0,053	0,420	0,000	0,369	0,048
Anzahl der gültigen Fälle	217		263		263		263		263	
KD01_02 + KD01_03		KD01_02 + AD02_01		KD01_02 + FN01_01		KD01_02 + SC02		KD01_02 + LK01		
Symmetrische Maße										
	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert							
Nominal- bzgl. Phi	0,368	0,003	0,385	0,001	0,369	0,003	0,345	0,052	0,413	0,000
Nominalmaß										
Cramer-V	0,184	0,003	0,192	0,001	0,185	0,003	0,172	0,052	0,207	0,000
Kontingenzkoeffizient	0,345	0,003	0,359	0,001	0,347	0,003	0,326	0,052	0,382	0,000
Anzahl der gültigen Fälle	263		263		263		263		263	
KD01_02 + DW01_02		KD01_02 + SC03		KD01_2 + SC01		KD01_02 + SD04		KD01_02 + SC04		
Symmetrische Maße										
	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert							
Nominal- bzgl. Phi	0,375	0,002	0,360	0,025	0,272	0,246	0,425	0,012	0,309	0,187
Nominalmaß										
Cramer-V	0,187	0,002	0,180	0,025	0,136	0,246	0,212	0,012	0,155	0,187
Kontingenzkoeffizient	0,351	0,002	0,339	0,025	0,262	0,246	0,391	0,012	0,296	0,187
Anzahl der gültigen Fälle	263		263		263		263		217	
KD01_02 + SD03		KD01_03 + DW01_01		KD01_01 + SD03_08		KD01_03 + DW01_02		KD01_03 + KD01_04		
Symmetrische Maße										

		Wert	Näherungsweise Signifikanz								
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,478	0,002	0,296	0,112	0,728	0,000	0,259	0,346	0,463	0,000
	Cramer-V	0,239	0,002	0,148	0,112	0,364	0,000	0,129	0,346	0,231	0,000
	Kontingenzkoeffizient	0,431	0,002	0,284	0,112	0,588	0,000	0,251	0,346	0,420	0,000
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
		KD01_03 + KD01_05		KD01_03 + LK01		KD01_03 + SC01		KD01_03 + SD03		KD01_03 + AD02_01	
Symmetrische Maße		Wert	Näherungsweise Signifikanz								
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,414	0,000	0,321	0,041	0,212	0,759	0,524	0,000	0,277	0,212
	Cramer-V	0,207	0,000	0,160	0,041	0,106	0,759	0,262	0,000	0,139	0,212
	Kontingenzkoeffizient	0,383	0,000	0,305	0,041	0,207	0,759	0,464	0,000	0,267	0,212
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
		KD01_03 + FN01_01		KD01_3 + SC04		KD01_03 + SC03		KD01_03 + SD04		KD01_03 + SC02	
Symmetrische Maße		Wert	Näherungsweise Signifikanz								
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,224	0,659	0,346	0,054	0,321	0,132	0,479	0,000	0,328	0,102
	Cramer-V	0,112	0,659	0,173	0,054	0,161	0,132	0,240	0,000	0,164	0,102
	Kontingenzkoeffizient	0,218	0,659	0,327	0,054	0,306	0,132	0,432	0,000	0,312	0,102
Anzahl der gültigen Fälle		263		217		263		263		263	
		KD01_03 + SD03_08		KD01_03 + SD02_01		KD01_04 + KD01_05		KD01_04 + FN01_01		KD01_04 + DW01_01	
Symmetrische Maße											

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,403	0,036	0,466	0,014	0,426	0,000	0,172	0,956	0,212	0,755
	Cramer-V	0,202	0,036	0,233	0,014	0,213	0,000	0,086	0,956	0,106	0,755
	Kontingenzkoeffizient	0,374	0,036	0,422	0,014	0,392	0,000	0,169	0,956	0,208	0,755
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
KD01_04 + DW01_02				KD01_04 + AD02_01				KD01_04 + SC02			
Symmetrische Maße											
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,241	0,501	0,398	0,000	0,342	0,058	0,357	0,029	0,392	0,001
	Cramer-V	0,121	0,501	0,199	0,000	0,171	0,058	0,179	0,029	0,196	0,001
	Kontingenzkoeffizient	0,235	0,501	0,370	0,000	0,324	0,058	0,337	0,029	0,365	0,001
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
KD01_04 + SC01				KD01_04 + SD03				KD01_04 + SD03_08			
Symmetrische Maße											
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,289	0,144	0,567	0,000	0,522	0,000	0,442	0,047	0,309	0,189
	Cramer-V	0,145	0,144	0,284	0,000	0,261	0,000	0,221	0,047	0,155	0,189
	Kontingenzkoeffizient	0,278	0,144	0,493	0,000	0,462	0,000	0,404	0,047	0,295	0,189
Anzahl der gültigen Fälle		263							217		
KD01_04 + SD04				KD01_05 + DW01_01				KD01_05 + DW01_02			
Symmetrische Maße											
KD01_05 + AD02_01				KD01_05 + FN01_01							

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,480	0,000	0,296	0,114	0,232	0,586	0,249	0,429	0,320	0,042
	Cramer-V	0,240	0,000	0,148	0,114	0,116	0,586	0,125	0,429	0,160	0,042
	Kontingenzkoeffizient	0,433	0,000	0,284	0,114	0,226	0,586	0,242	0,429	0,305	0,042
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
KD01_05 + FN01_01				KD01_05 + SC01			KD01_05 + SC02		KD01_05 + SC03		KD01_05 + SD02_01
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,418	0,000	0,264	0,308	0,321	0,133	0,259	0,613	0,410	0,163
	Cramer-V	0,209	0,000	0,132	0,308	0,160	0,133	0,129	0,613	0,205	0,163
	Kontingenzkoeffizient	0,386	0,000	0,255	0,308	0,306	0,133	0,250	0,613	0,379	0,163
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
KD01_05 + SC04				KD01_05 + SD03			KD01_05 + SD04		DW01_01 + FN01_01		DW01_01 + LK01
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,322	0,128	0,506	0,000	0,356	0,226	0,287	0,154	0,323	0,037
	Cramer-V	0,161	0,128	0,253	0,000	0,178	0,226	0,144	0,154	0,162	0,037
	Kontingenzkoeffizient	0,307	0,128	0,451	0,000	0,335	0,226	0,276	0,154	0,307	0,037
Anzahl der gültigen Fälle		217		263		263		263		263	
DW01_01 + DW01_02				DW01_02 + AD02_01			DW01_01 + SC02		DW01_01 + SC03		DW01_01 + SC04
Symmetrische Maße											

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,361	0,005	0,369	0,003	0,255	0,649	0,279	0,430	0,292	0,295
		Cramer-V	0,181	0,005	0,185	0,003	0,127	0,649	0,139	0,430	0,146	0,295
		Kontingenzkoeffizient	0,340	0,005	0,346	0,003	0,247	0,649	0,269	0,430	0,280	0,295
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		217		
DW01_01 + SC01				DW01_01 + SD03			DW01_01 + SD04		DW01_01 + SD03_08		DW01_02 + AD02_01	
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,334	0,021	0,427	0,034	0,387	0,076	0,527	0,000	0,283	0,175
		Cramer-V	0,167	0,021	0,214	0,034	0,193	0,076	0,264	0,000	0,142	0,175
		Kontingenzkoeffizient	0,317	0,021	0,393	0,034	0,361	0,076	0,466	0,000	0,272	0,175
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263		
DW01_02 + FN01_01				DW01_02 + LK01			DW01_02 + SC01		DW01_02 + SC02		DW01_02 + SD04	
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,302	0,088	0,246	0,457	0,311	0,063	0,347	0,048	0,549	0,000
		Cramer-V	0,151	0,088	0,123	0,457	0,155	0,063	0,173	0,048	0,275	0,000
		Kontingenzkoeffizient	0,289	0,088	0,239	0,457	0,297	0,063	0,328	0,048	0,481	0,000
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263		
DW01_02 + SC03				DW01_02 + SC04			DW01_02 + SD03		FN01_01 + AD02_01		FN01_01 + LK01	
Symmetrische Maße												

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,408	0,002	0,326	0,111	0,516	0,000	0,367	0,004	0,342	0,014
	Cramer-V	0,204	0,002	0,163	0,111	0,258	0,000	0,183	0,004	0,171	0,014
	Kontingenzkoeffizient	0,378	0,002	0,310	0,111	0,459	0,000	0,344	0,004	0,324	0,014
Anzahl der gültigen Fälle		263		217		263		263		263	
DW01_02 + SD03_08				DW01_02 + SD02_01			FN01_01 + SC02		FN01_01 + SC03		FN01_01 + SC04
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,430	0,009	0,571	0,000	0,308	0,201	0,320	0,137	0,377	0,014
	Cramer-V	0,215	0,009	0,286	0,000	0,154	0,201	0,160	0,137	0,189	0,014
	Kontingenzkoeffizient	0,395	0,009	0,496	0,000	0,295	0,201	0,305	0,137	0,353	0,014
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		217	
FN01_01 + SC01				FN01_01 + SD02_01			FN01_01 + SD03		FN01_01 + SD04		FN01_01 + SD03_08
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,256	0,372	0,411	0,156	0,319	0,729	0,403	0,037	0,338	0,364
	Cramer-V	0,128	0,372	0,206	0,156	0,160	0,729	0,201	0,037	0,169	0,364
	Kontingenzkoeffizient	0,248	0,372	0,380	0,156	0,304	0,729	0,374	0,037	0,320	0,364
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263	
LK01 + AD02_01				LK01 + SC01			LK01 + SC02		SD02_01 + SD03_08		LK01 + SC03
Symmetrische Maße											

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,395	0,001	0,242	0,495	0,420	0,001	0,443	0,844	0,324	0,121	
	Cramer-V	0,198	0,001	0,121	0,495	0,210	0,001	0,168	0,844	0,162	0,121	
	Kontingenzkoeffizient	0,367	0,001	0,235	0,495	0,387	0,001	0,405	0,844	0,308	0,121	
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263		
LK01 + SC04		LK01 + SD02_01		LK01 + SD03		LK01 + SD04		AD02_01 + SC02				
Symmetrische Maße		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,334	0,086	0,443	0,045	0,454	0,008	0,375	0,120	0,336	0,074	
	Cramer-V	0,167	0,086	0,221	0,045	0,227	0,008	0,187	0,120	0,168	0,074	
	Kontingenzkoeffizient	0,316	0,086	0,405	0,045	0,413	0,008	0,351	0,120	0,319	0,074	
Anzahl der gültigen Fälle		217		263		263		263		263		
LK01 + SD03_08		AD02_01 + SC01		AD02_01 + SD02_01		AD02_01 + SD02_01		AD02_01 + SD03				
Symmetrische Maße		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,591	0,000	0,348	0,010	0,463	0,017	0,463	0,017	0,368	0,298	
	Cramer-V	0,295	0,000	0,174	0,010	0,231	0,017	0,231	0,017	0,184	0,298	
	Kontingenzkoeffizient	0,509	0,000	0,329	0,010	0,420	0,017	0,420	0,017	0,346	0,298	
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		263		263		
AD02_01 + SC03			AD02_01 + SC04			AD02_01 + SD03_08			SC01 + SC02		SC01 + SC03	
Symmetrische Maße												

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,337	0,072	0,354	0,040	0,367	0,160	0,636	0,000	0,434
		Cramer-V	0,168	0,072	0,177	0,040	0,183	0,160	0,318	0,000	0,217
		Kontingenzkoeffizient	0,319	0,072	0,333	0,040	0,344	0,160	0,536	0,000	0,398
Anzahl der gültigen Fälle		263		217		263		263		263	
AD02_01 + SD04				SC01 + SC04		SC01 + SD02_01		SC01 + SD03		SC01 + SD04	
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,421	0,015	0,502	0,000	0,471	0,011	0,325	0,681	0,452
		Cramer-V	0,211	0,015	0,251	0,000	0,235	0,011	0,162	0,681	0,226
		Kontingenzkoeffizient	0,388	0,015	0,448	0,000	0,426	0,011	0,309	0,681	0,412
Anzahl der gültigen Fälle		263		217		263		263		263	
SC01 + SD03_08				SC02 + SC03		SC02 + SC04		SC02 + SD02_01		SC03 + SD02_01	
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,273	0,880	0,654	0,000	0,524	0,000	0,483	0,054	0,480
		Cramer-V	0,136	0,880	0,292	0,000	0,262	0,000	0,216	0,054	0,215
		Kontingenzkoeffizient	0,263	0,880	0,547	0,000	0,464	0,000	0,435	0,054	0,433
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		217		263		263	
SC02 + SD03_08				SC02 + SC03		SC02 + SD03_08		SC03 + SC04		SC03 + SD03_08	
Symmetrische Maße				Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz

		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Phi	0,412	0,280	0,427	0,072	0,419	0,097	0,615	0,000	0,320	0,831
		Cramer-V	0,184	0,280	0,191	0,072	0,188	0,097	0,307	0,000	0,143	0,831
		Kontingenzkoeffizient	0,381	0,280	0,392	0,072	0,387	0,097	0,524	0,000	0,305	0,831
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		263		217		263		
SC03 + SD03				SC03 + SD04				SC04 + SD03		SC04 + SD04		SC04 + SD03_08
Symmetrische Maße												
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
		Phi	0,499	0,007	0,514	0,000	0,458	0,057	0,384	0,127	0,380	0,302
		Cramer-V	0,223	0,007	0,230	0,000	0,229	0,057	0,192	0,127	0,190	0,302
Kontingenzkoeffizient		0,446	0,007	0,457	0,000	0,417	0,057	0,358	0,127	0,355	0,302	
Anzahl der gültigen Fälle		263		263		217		217		217		
SC04 + SD02_01				SD03 + SD02_01				SD03 + SD04		SD03 + SD03		SD04 + SD02_01
Symmetrische Maße												
Nominal- bzgl. Nominalmaß		Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	Wert	Näherungsweise Signifikanz	
		Phi	0,483	0,019	0,728	0,000	0,683	0,000	1,000	0,000	2,022	0,000
		Cramer-V	0,242	0,019	0,257	0,000	0,258	0,000	0,378	0,000	0,764	0,000
Kontingenzkoeffizient		0,435	0,019	0,589	0,000	0,564	0,000	0,707	0,000	0,896	0,000	
Anzahl der gültigen Fälle		217		263		263		263		263		
SD04 + SD03_08						Symmetrische Maße						

		Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Phi	0,416	0,615
	Cramer-V	0,157	0,615
	Kontingenzkoeffizient	0,384	0,615
Anzahl der gültigen Fälle		263	