



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Die Veränderung des Verständnisses und der
Vorstellungen zur Evolutionstheorie unter
besonderem Augenmerk auf das Populationsdenken
im Lauf einer SchülerInnenlaufbahn“

verfasst von / submitted by

Gerald Fuchs

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2021 / Vienna, 2021

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

UA 190 482 445

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

Lehramtsstudium
UF Bewegung und Sport
UF Biologie und Umweltkunde

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

HS-Prof. Mag. Dr. Martin Scheuch

-Wissen macht glauben schwierig-

Vielen Dank an meine Betreuer, dass sie soviel Geduld und Feedback in meine Arbeit investiert haben. Besonders möchte ich mich bei Mag. Dr. Martin Scheuch bedanken, dass er nicht nur immer mit gutem Rat zur Seite stand, sondern vielmehr diesen auch pragmatisch kommuniziert hat.

Vielen Dank auch an meine Familie, Freunde und FreundInnen, dem Bowlridersclub und alle meine WegbegleiterInnen- ohne EUCH wäre ich jetzt nicht ich.

Loipersbach, am 15. März 2021

Inhalt:

1. Einleitung	9
2. Theorieteil	10
2.1 Geschichte der Evolutionstheorie	10
2.1.1. Darwins Evolutionstheorie	13
2.2. Population der zentrale Begriff in der Evolution	15
2.3. Die Entstehung von Alltagsvorstellungen	22
2.3.1. Erfahrungsbasiertes Verstehen	22
2.3.2. Der Einfluss des Vorwissens auf SchülerInnenkonzepte	24
2.3.2.1. Moderater Konstruktivismus	24
2.3.2.2. Conceptual Change Theorie	26
2.4. Alltagsvorstellungen von SchülerInnen zur Evolutionstheorie	27
2.4.1. Kreationistische Vorstellungen	28
2.4.2. Finalistische Vorstellungen / Teleologische Vorstellungen	29
2.4.3. Lamarckistische Vorstellungen	30
2.4.4. Typologische Vorstellungen	31
2.4.5. Anthropomorphe Vorstellungen	31
2.4.6. SchülerInnenvorstellungen als Denkfiguren	32
2.4.7. Alltagsvorstellungen zu Populationen	35
2.4.8. Essentialismusproblem	36
3. Forschungsfragen	36
4. Methoden	37
5. Ergebnisse	40
5.1. Ergebnisse aus den Interviews von Anna	40
5.1.1. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 4. Klasse von Anna	41
5.1.2. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 4. Klasse von Anna	43
5.1.3. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 6. Klasse von Anna	44
5.1.4. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 6. Klasse von Anna	46
5.1.5. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 8. Klasse von Anna	47
5.1.6. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 8. Klasse von Anna	50
5.1.7. Die Entwicklung von Annas Vorstellungen	52
5.2. Ergebnisse aus den Interviews von Bianca	54
5.2.1. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 4. Klasse von Bianca	54

5.2.2. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 4. Klasse von Bianca	56
5.2.3. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 6. Klasse von Bianca	58
5.2.4. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 6. Klasse von Bianca	62
5.2.5. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 8. Klasse von Bianca	64
5.2.6. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 8. Klasse von Bianca	66
5.2.7. Die Entwicklung von Biancas Vorstellungen	68
5.3. Ergebnisse der Interviews von Claudia	70
5.3.1. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 4. Klasse von Claudia	70
5.3.2. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 4. Klasse von Claudia	72
5.3.3. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 6. Klasse von Claudia	73
5.3.4. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 6. Klasse von Claudia	75
5.3.5. Ergebnisse aus dem Prä- Interview der 8. Klasse von Claudia	77
5.3.6. Ergebnisse aus dem Post- Interview der 8. Klasse von Claudia	79
5.3.7. Die Entwicklung von Claudias Vorstellungen	81
5.4. Geteilte Vorstellungen	83
5.4.1. Geteilte Vorstellungen 4.Klasse	83
5.4.2. Geteilte Vorstellungen 6.Klasse	83
5.4.3. Geteilte Vorstellungen 8.Klasse	84
6. Diskussion	84
7. Literaturverzeichnis	87
8. Abbildungsverzeichnis	90
9. Tabellenverzeichnis	90
10. Abstract	91

1. Einleitung

SchülerInnenvorstellungen zu zentralen Themen im Biologieunterricht unterscheiden sich oft von den wissenschaftlich korrekten fachlichen Vorstellungen und sind von Alltagsvorstellungen geprägt - ebenso diese zum Thema Evolution. Diese Alltagsvorstellungen sind oft recht mannigfaltig. Sie reichen von einer falschen Annahme der Zeitdimension bis zu der angeblichen nicht Nichtwissenschaftlichkeit der Evolutionstheorie, befeuert von Theorien wie zum Beispiel des Intelligent-Design-Kreationismus. In der Literatur ist eine Vielzahl solcher Alltagsvorstellungen von SchülerInnen angeführt, die für das Verstehen der Evolutionstheorie hinderlich sind. Die biologische Evolution kann mit einfachen Worten definiert werden: nämlich als die Veränderung der Populationen in der Generationenfolge (Dreesmann, Graf, & Witte, 2012). Da bereits in dieser grundlegenden Definition von Evolution der Populationsbegriff enthalten ist, soll sich diese Arbeit vordergründig mit den SchülerInnenvorstellungen zum Populationsbegriff in der Evolutionstheorie beschäftigen. Des Weiteren soll untersucht werden wie die Entwicklung des Populationsdenkens das allgemeine Verständnis zur Evolutionstheorie im Laufe einer SchülerInnenlaufbahn verändert. Die Arbeit bedient sich hierbei einer qualitativen Untersuchung, welche von Jaqueline Scheibstock (2014) im Rahmen ihrer Diplomarbeit „Lerneffekte im Unterricht zum Thema Evolution - eine Untersuchung zur Entwicklung von SchülerInnenvorstellungen zu Selektion und Variation“ durchgeführt wurde. In Ihrer Arbeit bearbeitet sie Prä- und Postinterviews zum Thema Evolution mit SchülerInnen einer 4. Klasse AHS (11.Schulstufe). Nach dem Abschluss ihres Diploms hat sie diese Interviewreihe mit denselben ProbandInnen in der 6. und in der 8. Klasse AHS weitergeführt, was Rückschlüsse auf die Entwicklung der SchülerInnenvorstellungen im Laufe der Schullaufbahn zulässt. Diese Interviews sind der zentrale Teil meiner Arbeit und heben sich durch ihre Kontinuität bei den ProbandInnen und der Interviewerin deutlich von anderen Forschungsdesigns ab. In anderen Studien wurden zwar immer wieder über die Veränderung von SchülerInnen im Lauf einer Schullaufbahn Schlüsse gezogen, doch wurden die Studien meist im Laufe eines Jahres in verschiedenen Klassenstufen durchgeführt (Baalmann, Frerichs, Weitzel, Gropengießer, & Kattmann, 2004). Im Gegensatz dazu möchte die vorliegende Diplomarbeit einen Beitrag zu einer Längsschnittstudie zum Thema leisten.

2. Theorieteil

2.1. Geschichte der Evolutionstheorie

Um SchülerInnenvorstellungen beschreiben zu können, ist es unabdinglich über die Geschichte der Evolutionstheorie und die Erkenntniswege der Wissenschaft genauer Bescheid zu wissen. Im folgenden Kapitel versuche ich die Entwicklung des Verständnisses zur Evolution und somit die Entwicklung zur Theorie zu beschreiben. Bereits hier finden sich einige der in der modernen Literatur beschriebenen Alltagsvorstellungen von SchülerInnen in der Wissenschaftsgeschichte wieder.

Schon in der Antike machten sich Naturphilosophen wie zum Beispiel Anaximander Gedanken zur Entstehung der Menschheit. In Anaximanders „Lehrgedicht zur Natur“ geht er davon aus, dass sich das Leben aus dem Schlamm entwickelt und sich zuerst Pflanzen dann Tiere und sodann der Mensch entstehen. Dieser wiederum wird durch das Abstreifen der Fischhaut fähig, das Land zu besiedeln (Storch, Welsch, & Wink, 2007). Die Annahme, dass sich das Leben im Schlamm entwickelt, ist in diesem Fall nicht richtig, aber nahe an der Tatsache, da sich das Leben im Wasser entwickelt hat (Storch et al., 2007). Weitere Philosophen der ionischen Schule präzisierten Anaximanders Vorstellungen und dies gipfelte darin, dass Xenophanes (ca. 570- 475 v. Chr.) meinte, dass die Erde aus dem Wasser entstanden sein muss; er führte hierfür Fossilien als Belege an. Der Unterschied zu Anaximander war, dass er davon ausging, die Welt hätte einen zyklischen Kreislauf und löste sich am Ende wieder im Wasser auf. Ein interessantes Detail der ionischen Schule ist, dass Empedokles (ca. 500- 430 v. Chr.) Spekulationen über die Entstehung der Arten anstellte, welche im weitesten Sinne in einem Aspekt, als Vorwegnahme der modernen Theorie „Evolution durch natürliche Auslese“ gepriesen wurden (Bowler, 1997, p. 27). Demnach sollten auf der Erde verschiedenste Organe herumgewandert sein, viele davon entstellt und nicht überlebensfähig. Nur die stärksten konnten überleben und sich mit anderen zu den Lebewesen zusammenfinden, was eine natürliche Auslese voraussetzen würde. Davor waren alle Philosophen der Meinung, dass das Universum rational wäre und von göttlicher Hand geplant ist. Dennoch hatte auch Empedokles keinen fortlaufenden Prozess postuliert, sondern nur eine Entstehungsgeschichte für die Erde (Bowler, 1997). In

der Folge entwickelte Demokrit (470-370 v.Chr.) diese Gedanken weiter und meinte der Kosmos sei ein unstrukturiertes System. Dies ist insbesondere für die Arbeit interessant, da bereits in dieser Periode ein Abwenden von einer göttlichen Schöpfung zu beobachten ist. Doch nach einem kurzen Höhepunkt der atheistischen Philosophie gingen nachfolgende Philosophen immer weiter zurück zur göttlichen Schöpfung, welche bereits seit der Zeit der Pharaonen tief in der Gelehrtenwelt verankert war (Bowler, 1997). Aristoteles war einer der letzten großen Naturforscher in der Antike, er hat in erster Linie viel zur Systematik von Meerestieren beigetragen und viele seiner Entdeckungen haben bis heute Bestand, er war auch der Erste, der eine stufenartige Anordnung der Natur angenommen hatte (Storch et al., 2007). Weitere Erkenntnisse der Antike lagen eher in den Bereichen Medizin; hier in der Anatomie des Menschen, und Botanik. Die Araber hatten einen sehr großen Verdienst um den Erhalt und die Erweiterung des antiken Wissens bis zum Mittelalter (Storch et al., 2007).

Nach dem Niedergang des römischen Reiches begann das Christentum großen Einfluss auf das westliche Denken zu nehmen. Gott wurde plötzlich das Maß der Dinge und niemand durfte mehr frei über die Entstehung der Welt spekulieren. Auf Grundlage der Bibel dauerte die Schöpfung der Welt und aller Organismen sechs Tage und die Erde wurde 4000 Jahre vor Christus erschaffen. Der wissenschaftliche „Stillstand“ dauerte bis ins Mittelalter an, in dem es ein neues Interesse an Phänomenen der Natur gab. Davon zeugen Arbeiten von Friedrich II. und Albertus Magnus, doch egal, ob es sich um Anhänger von Aristoteles handelte oder nicht, alle hielten am Schöpfungsgedanken der Kirche fest. Auch die wissenschaftliche Revolution im 16. und 17. Jahrhundert, welche sich nur auf die „exakten“ Wissenschaften beschränkte, brachte noch keine Zweifel an der Schöpfungsgeschichte. Auch in der Philosophie gab es keinerlei Evolutionsgedanken, doch paradoxer Weise waren es die Naturtheologen, welche dem Evolutionsdenken den Weg bereiteten (Mayr, 2002). Das größte Problem bei der Evolutionstheorie war, dass sie nicht direkt beobachtbar ist und zuerst viele verschiedenen Aspekte der Natur verstanden werden mussten, bevor eine solche allumfassende Theorie aufgestellt werden konnte. Vor allem die Fortschritte in der Kosmologie, der Geologie und der Naturkunde waren maßgeblich daran beteiligt, die Wissenschaftswelt von der Untragbarkeit der biblischen Schöpfungslehre zu überzeugen. Aber nicht nur die Fortschritte der Wissenschaft waren immens wichtig, sondern auch der enorme kulturelle Wandel, der zwischen Ende des 17. und dem Beginn des 19. Jahrhunderts vollzogen wurde.

Zu dieser Zeit durften keine aufgestellten Theorien im Widerspruch zur Schöpfungsgeschichte stehen, doch im Jahr 1779 wagte der Geologe Buffon als erster den Schritt, die Erde mit einem Alter von 168.000 Jahren zu schätzen und damit gleichzeitig der Bibel zu widersprechen. In unveröffentlichten Notizen ging er sogar von einem Alter von einer halben Million Jahren aus. Das „Geburtsjahr“ der Erde mit 4000 v.Chr. war mit all den gemachten Beobachtungen, wie zum Beispiel dem Vulkanismus und der Erosion, nicht mehr in Einklang zu bringen. Auch mit der Beschreibung unzähliger neuer Tier- und Pflanzenarten ab dem Beginn des 15. Jahrhunderts, welche allesamt in der Bibel nicht beschrieben waren, begannen viele an der Geschichte mit der Arche zu zweifeln (Mayr, 2002).

Mit Ende des 18. Jahrhunderts wurden zunehmend kreationistische Denkweisen in Frage gestellt. Vor allem die bereits erwähnte große Unterschiedlichkeit von Fossilien in den unteren/tieferen Schichten, mannigfaltige Nachweise für vielfaches Aussterben von verschiedensten Arten, die von Linné beschriebene Hierarchie der Arten, die sehr große Spezialisierung von Arten an ihre Lebensbedingungen und nicht zuletzt der Beginn des Denkens in Populationen anstelle eines typologischen Denkens brachte große Fortschritte in Richtung der Evolutionstheorie. Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) war schließlich der Erste, der 1800 eine Evolutionstheorie formulierte (Mayring & Fenzl, 2014).

Nach seiner umfangreichen Arbeit zur Systematik der Wirbellosen erkannte Lamarck die adaptive Veränderung der Tiere. Er ging von zwei Prinzipien in der Evolution aus. Zum einen, dass ein Organ durch die Verwendung gestärkt wird und beim Nichtgebrauch geschwächt wird. Dieser Gedanke war allerdings nicht neu, sondern Lamarck hat ihn nur übernommen und ihm eine strengere physiologische Bedeutung zugemessen. Zum anderen, dass die erworbenen Eigenschaften an die Nachkommen weitergegeben werden und nicht gebrauchte Organe allmählich verschwinden. Er machte jedoch keine Versuche den dahinterliegenden Mechanismus zu beschreiben (Mayr, 2002).

Lamarcks adaptive Evolution wird oft auf seine fälschlichen Annahmen reduziert, aber er hatte auch wichtige Prinzipien erkannt, welche wichtig für die Evolutionsbiologie waren (Mayr, 2002).

2.1.1. Darwins Evolutionstheorie

Charles Robert Darwin (1809-1882) gelang der Durchbruch für den modernen Evolutionsgedanken in der Wissenschaftswelt. Durch seine Entdeckung der natürlichen Auslese revolutionierte er das Gedankenbild der Wissenschaft. Er war Sohn einer wohlhabenden Familie und sein Großvater und Vater waren beide Ärzte. Nach dem Wunsch seiner Eltern begann auch er Medizin zu studieren (Storch et al., 2007, p. 12).

Während seiner kurzen Zeit in Edinburgh, wo er kurz und recht erfolglos Medizin studierte, entwickelte Darwin ein Interesse an der Invertebraten-Zoologie, welche eine Hauptstütze seines wissenschaftlichen Arbeitens darstellen sollte, bis in die Zeit seiner berühmten Beagle-Reise (Bowler, 1997, p. 194). Hier lernte er auch Robert Edmund Grant kennen, welcher ihm unter anderem die Gedanken von Lamarck näherbrachte. 1827 wechselte er dann zum Theologiestudium nach Cambridge, wo er allerdings mehr seinen naturwissenschaftlichen Interessen nachging, hier waren vor allem die Paläontologie, die Geologie und Naturkunde von zentralem Interesse. Im letzten Semester in Cambridge besuchte er unter anderem auch eine Vorlesung zur Geologie und eignete sich praktisches geologisches Wissen in Wales an. Zwei Werke, welche immer wieder genannt werden und Darwin auf dem Weg zur Entwicklung seiner Theorien beeinflusst haben, sind John Miltons episches Gedicht „Paradise Lost“ und Charles Lyells: „Principles of Geology“. Letzteres las Darwin durchaus kritisch (Storch et al., 2007). Nach der Beendigung seines Studiums bekam Darwin die Möglichkeit das königliche Vermessungsschiff der Beagle als Naturforscher zu begleiten. Dessen Kapitän Fitzroy war vor der Abreise aufgrund Darwin`s liberalen Denkweisen und Haltung zur Sklaverei skeptisch, dennoch betrat Darwin im Dezember 1831 die Beagle für eine fünfjährige Reise (Storch et al., 2007). Die Hauptmission der Beagle war die Vermessung der bis dahin kaum bekannten Küstenlinie von Südamerika. Darwin selbst verbrachte die meiste Zeit während der Landvermessungen damit, die verschiedenen Formen der Tier- und Pflanzenwelt zu beobachten und auch viele tausende Exemplare zu sammeln. Er erkannte, dass Arten innerhalb Südamerikas zwischen tropischen und gemäßigten Gebieten eindeutig südamerikanisches Gepräge aufwiesen und sich von den europäischen Arten deutlich unterschieden. Des Weiteren erschienen Arten aus gemäßigten Gebieten Südamerikas näher verwandt mit Arten aus tropischen Gebieten

des Kontinents als mit der Tier- und Pflanzenwelt aus gemäßigten Gebieten Europas. Auch die Fossilien, die Darwin am Kontinent fand, ähnelten rezenten Organismen des Kontinents. Richtig interessant wurde seine Reise mit dem Besuch auf den Galapagos-Inseln, welche relativ jung und vulkanischen Ursprungs sind. Darwin fand dort Arten, die nirgendwo sonst auf der Welt beheimatet waren, aber eindeutig von südamerikanischen Arten geprägt schienen (Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, & Reece, 2019, p. 508). Bei der näheren Untersuchung der mitgebrachten Exponate 1836 in England fand er Hinweise darauf, dass sich die Arten der Galapagos-Inseln irgendwie dort angesiedelt haben müssen und sich dann dort auf den unterschiedlichen Inseln unterschiedlich entwickelt haben. Unter den Vögeln, welche er auf den verschiedenen Inseln sammelte, fand er verschiedene Finkenarten, welche sich sehr ähnelten, aber augenscheinlich zu verschiedenen Arten gehörten. Manche dieser Finken waren nur auf einzelnen Inseln anzutreffen, andere wiederum auf mehreren, wobei diese meist nicht weit voneinander entfernt waren (Storch et al., 2007, p. 17). Aufgrund der Lektüre von „The Principle of Geology“ und seiner selbst gemachten Erfahrungen zweifelte Darwin recht bald an der These der Kirche, dass die Erde nur einige tausend Jahre alt sein soll. Vielmehr hatte er entdeckt, dass die Erde alt sein muss und sich ständig verändert, ebenso sollte sich folglich das Leben auf der Erde verändert haben (Urry et al., 2019, p. 509). Da die Schnäbel der verschiedenen Galapagosfinken je nach Nahrungsangebot auf den jeweiligen Inseln unterschiedlich geformt waren, wurde Darwin klar, dass der Schlüssel zum Verständnis der Evolution im Prozess der Anpassung liegt. Doch bis zu dem Zeitpunkt, als Darwin Malthus' Essay „On the Principle of Population“ gelesen hatte, waren seine Ausführungen zum Thema Artenwandel recht ähnlich zu denen von Lamarck. Erst das von Malthus beschriebene Selektionsprinzip, nämlich das des Kampfes um das Dasein, gab ihm den entscheidenden Anstoß für seine Theorie. Der wichtigste Gedanke, den Darwin von Malthus übernahm, war jener, dass biologische Arten einen starken Drang zur Vermehrung haben, aber dies in einem endlichen Nahrungsmittelangebot stattfindet. Daher muss es innerhalb der Art einen Kampf um das Dasein geben, da es in der Art von Generation zu Generation nur wenig Veränderungen in Bezug auf die Anzahl der Individuen gibt (Hoßfeld & Olson, 2014, p. 102). Er verfasste bereits Anfang der 40er Jahre des 18. Jahrhunderts ein relativ kurzes Manuskript seiner Evolutionstheorie, welches bis 1844 eine 230 Seiten lange Abhandlung werden sollte. Er scheute aber eine Veröffentlichung, wohlwissend über den Impact, welchen seine Vorstellungen auf die damalige Gedankenwelt haben würden. Bis 1858 teilte er seine Gedanken lediglich mit wenigen befreundeten Wissenschaftlern, obwohl ihm diese

dazu rieten sie zu veröffentlichen, bevor jemand anderes zu denselben Schlüssen gelangen würde. Letzten Endes konnte ihn erst ein Brief von Alfred Wallace mit seinem Manuskript zur natürlichen Selektion überzeugen. Darin kam Wallace, unabhängig von Darwin, zum selben Ergebnis, somit war auch Darwin überzeugt seine Überlegungen zu veröffentlichen (Storch et al., 2007; Urry et al., 2019).

Noch im selben Jahr wurden das Manuskript von Wallace und Auszüge aus Darwins Manuskript gemeinsam mit einem Brief vom Botaniker Hooker und vom Geologen Lyell auf einer Versammlung der Linnean Society verlesen. Mit beiden war Darwin seit Jahren in Korrespondenz über seine Theorie. Obwohl diese Lesung in der Öffentlichkeit wie auch in der Wissenschaftswelt kaum für Aufsehen sorgte, verlief die Sache ein Jahr später, nach der Veröffentlichung von Darwin's Buch „On the Origin of Species“ ganz anders (Hoßfeld & Olson, 2014, p. 107). Es fanden sich sofort viele Kritiker und Verteidiger Darwins und es entbrannte vor allem eine Diskussion über die Herkunft des Menschen. Darwin selbst versuchte diesem Thema im Buch aus dem Weg zu gehen und schrieb lediglich:

*„Licht wird auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte fallen“
(Hoßfeld & Olson, 2014, p. 108)*

Charles Darwin hat in „The Origin of Species“ zwei grundlegende Annahmen bearbeitet: Einerseits die Evolution als eine Erklärungsmöglichkeit für die Gemeinsamkeiten und auch Verschiedenheiten der Organismen und andererseits die natürliche Auslese als den Prozess welcher Evolution erst möglich macht. Obwohl Linné der Meinung war, dass Arten unveränderlich wären, verdeutlichte seine Systematik für Darwin stark die Stammesgeschichte und die Abstammungslinien. Darwin sah in den verzweigten Gruppen den Stammbaum des Lebens wieder. Somit waren Organismen, welche zu denselben Familien geordnet werden, näher miteinander verwandt, als Organismen, welche nur in derselben Klasse verortet werden (Urry et al., 2019, p. 511).

2.2. Population - der zentrale Begriff in der Evolutionstheorie

Wie eingangs schon erwähnt ist das Verständnis des Begriffes Population unabdingbar für das Erfassen der Evolutionstheorie. Als Population wird eine Gruppe von Individuen

derselben Art definiert, die räumlich begrenzt miteinander leben. Als Art wird eine Gruppe von Populationen angesehen, welche sich untereinander fertil fortpflanzen können (Urry et al., 2019, p. 525). Der natürliche biologische Artbegriff hat für die Entwicklung der Evolutionstheorie eine entscheidende Rolle gespielt, und muss die Veränderlichkeit und die Unterschiede innerhalb der Art miteinbeziehen. Kattmann (1978, p. 75) definiert hierzu drei wichtige Aspekte zum biologischen Artbegriff.

- „1. Arten werden definiert durch Schärfe der Abgrenzung und nicht durch Unterschiede.*
- 2. Arten bestehen aus Populationen und nicht aus unabhängigen Individuen.*
- 3. Arten werden eindeutiger durch ihre Beziehungen zu nicht zur selben Art angehörigen Populationen („Isolation“) definiert als durch die Beziehungen, die Individuen gleicher Art zueinander haben. Das entscheidende Kriterium ist nicht die Fruchtbarkeit von Individuen, sondern die Fortpflanzungsisolation von Populationen“ (Kattmann et al., 1978)*

Es wird unterteilt in postzygotische und präzygotische Fortpflanzungsbarrieren. Bei präzygotischen Fortpflanzungsbarrieren hindern Habitatisolation; Verhaltensisolation; zeitliche Isolation; mechanische Isolation; oder eine gametische Isolation eine Befruchtung der Eizellen beziehungsweise das erfolgreiche Paaren zweier verschiedener Arten. Bei den postzygotischen Barrieren wird eine erfolgreiche Paarung nicht zwangsläufig verhindert, aber die Nachkommen sind entweder steril, entwickeln sich nicht bis zur Geschlechtsreife oder erst die Nachkommen der Hybriden sind nur bedingt lebensfähig oder unfruchtbar (Urry et al., 2019, p. 549). Der biologische Artbegriff bezieht sich somit auf natürlich vorhandene und reale Populationen (Kattmann et al., 1978).

Populationen selbst sind eine Untereinheit der Arten, welche selbst oft auch geografisch isoliert auftreten. Die verschiedenen Populationen einer gewissen Art sind dann selbst wieder im Art-Areal isoliert und paaren sich nur selten bis gar nicht außerhalb der eigenen Population. An Randgebieten wird es allerdings immer eine gewisse Überschneidung der Verwandtschaften zwischen zwei Populationen geben. Denn wenn Populationen nicht scharf voneinander abgegrenzt sind, wie es zum Beispiel bei Inseln, Seen ohne Verbindung zueinander oder auch bei Gebirgszügen, welche durch Tiefländer getrennt sind, der Fall ist, dann wird es immer Populationszentren geben. Individuen dieser Populationszentren haben immer einen höheren Verwandtschaftsgrad untereinander als Individuen, welche an den

Rändern der Populationen leben. Dort ist die Dichte der Individuen geringer und es ist auch wahrscheinlicher, dass sie sich mit einer Nachbarpopulation vermehren (Urry et al., 2019, p. 525).

Bereits Kant hatte den Begriff Naturgattungen geprägt, welche sich durch in der Natur vorhandene Populationen definieren, die eine Fortpflanzungsgemeinschaft bilden. Kant hat das typologische Denken in der Artbeschreibung recht abfällig als das „Schulsystem“ bezeichnet. Die Ablöse des typologischen Denkens durch den Populationsgedanken ist sehr wichtig um Einheiten wie Art und Population beziehungsweise um Prozesse wie die Selektion und die damit einhergehende allmähliche Evolution zu verstehen (Kattmann et al., 1978). Darwin hat sich ganz klar vom typologischen Denken (Essentialismus) abgewandt und die Wichtigkeit der Varianten von Individuen in der Population als treibenden Faktor für die Evolution bemerkt (Dreesmann et al., 2012, p. 36).

Innerhalb von Populationen herrscht Variation. Zum einen bedeutet dieser Begriff, dass Populationen, Arten und Individuen genetische Unterschiede aufweisen und somit eine genetische Vielfalt haben, aber auch, dass diese genetische Vielfalt im Laufe von Generationen allmählich verändert werden kann. Somit kann die genetische Vielfalt sich im Laufe der Zeit abwandeln und die Nachkommen unterscheiden sich genetisch von den Vorfahren (Kattmann et al., 1978, p. 77).

Die genetische Variation innerhalb von Populationen ist, wenn man an das Beispiel vom Menschen denkt, leichter zu erfassen, denn man erkennt, zum Beispiel, in einer Menschenmenge seine Freunde sofort wieder. Ferner ist aus lebensweltlichen Erfahrungen vielen klar, dass jeder Mensch verschiedene Verhaltensmuster zeigt. (Urry et al., 2019, pp. 531-532) Diese Klarheit der Unterschiede ist, wenn man an Tier- oder Pflanzenpopulationen denkt, nicht sofort gegeben. Doch genau diese feinen Unterschiede innerhalb von Populationen machen natürliche Selektion erst möglich. Nicht alle Variationen innerhalb einer Population können auch beobachtet werden, so gibt es viele Merkmale, welche nur auf molekularer Ebene zu finden und nicht im äußeren Erscheinungsbild ersichtlich sind. Wiederum andere beobachtbare Unterschiede im Phänotyp können nicht vererbt werden, da es sich hierbei um das Produkt eines ererbten Genotyps und vieler verschiedener erfahrener Umwelteinflüsse handelt. Ein/e trainierte/r SportlerIn kann somit nicht die Muskeln weitervererben, welche im Laufe eines Lebens generiert wurden, sondern nur die genetischen Veranlagung. Nur Variationen auf genetischer Ebene haben im Laufe der Generationen Bestand und können evolutive Auswirkungen haben (Urry et al., 2019, p. 532).

Bei der Variabilität innerhalb der Populationen wird noch zwischen qualitativen und quantitativen Merkmalen unterschieden. Letztere deuten auf eine polygene Vererbung hin, wo mehrere Gene für die Ausprägung eines Merkmals verantwortlich sind. Wenn man zum Beispiel an die Körpergröße denkt, sind von klein bis groß Ausprägungen mit allen Zwischengrößen möglich. Qualitative Merkmale lassen sich in der Regel auf einen Genlocus lokalisieren wo sie mit unterschiedlichen Allelen auf einer „entweder oder“ Basis klassifiziert werden können (Urry et al., 2019).

Variation zwischen verschiedenen Populationen kann sich aus mehreren Gründen ergeben.

Viele Arten zeigen eine geographische Variation, also Unterschiede in den Genpools zwischen Populationen oder Untergruppen von Populationen. Da sich wahrscheinlich zumindest einige Umweltfaktoren regional ändern, kann die natürliche Selektion zur geographischen Variation beitragen. (Urry et al., 2019, p. 533)

Dieser Effekt kann aber auch innerhalb von Populationen auftreten, entweder, weil der Lebensraum fleckenhaft verschiedene Umwelteinflüsse aufweist, oder weil das Areal so groß ist, dass sich die Population in verschiedene Unterpopulationen aufteilt. Das passiert öfters, da der Bewegungsradius der einzelnen Individuen nicht immer groß ist. Ein weiterer Grund für die Variation zwischen Populationen kann aber auch genetische Drift sein (Urry et al., 2019, p. 533).

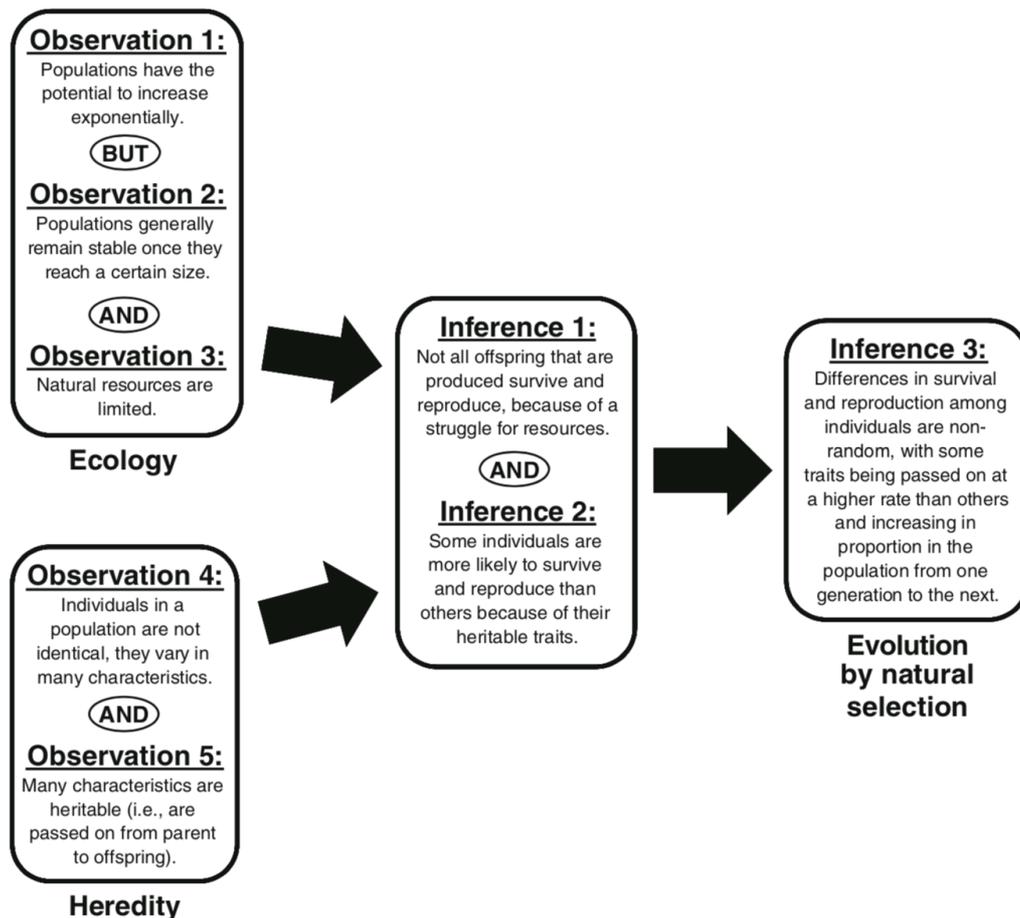


Abbildung 1 aus: Gregory (2009, p. 3)

Um die natürliche Selektion erfassen zu können, ist es unabdingbar über einige Beobachtungen über Populationen Bescheid zu wissen. Gregory (2009) geht von fünf grundlegenden Beobachtungen zu Populationen aus. Nach ökologischen Gesichtspunkten hätten Populationen das Potential ihre Größe exponentiell zu steigern, wenn nicht die natürlichen Ressourcen limitiert wären. Daher bleiben Populationen, nachdem sie eine gewisse Größe erreicht haben, in dieser Größe konstant und würden nur wachsen oder kleiner werden, wenn sich die Verfügbarkeit von Ressourcen verändert.

Darwin selbst hat als Beispiel für einen sprunghaften theoretischen Anstieg der Populationsgröße Elefanten herangezogen. Würde ein Elefantenpaar jeweils zwei Jungen zur Welt bringen und alle diese Jungen würden sich selbst wieder erfolgreich fortpflanzen und wiederum Nachkommen zeugen, dann würde dieses hypothetische Paar nach nur 750 Jahren um die 19 Millionen direkte Nachkommen haben (Darwin, 1872). Diese Zahl zeigt sehr deutlich, dass die Zahl der möglichen Nachkommen bei weitem nicht mit der natürlichen Anzahl von Individuen in Populationen übereinstimmt. Der Grund für die

riesige Divergenz der möglichen und der realen Nachkommen innerhalb einer Population ist einfach, dass nicht jeder Nachkomme selbst bis zur Geschlechtsreife überlebt, oder selbst wenn er bis in das reproduktive Alter kommt, keine oder nur wenige Nachkommen zeugen kann (Gregory, 2009). Eine weitere Schlussfolgerung aus den Beobachtungen zu Populationen ist die relative Fitness der einzelnen Genotypen. Darwin's Verfechter Herbert Spencer hat vorgeschlagen, den Begriff natürliche Auslese durch „Survival oft the Fittest“ zu ersetzen, womit er im Folgenden einige Verwirrung rund um diesen Begriff auslöste (Mayr, 2002, p. 267). Diese Phrase lenkt bei den meisten die Vorstellungen in die Richtung, dass sich das fitteste Individuum fortpflanzen kann. In Wahrheit zeigt die natürliche Selektion auf viel subtileren Ebenen Wirkung (Urry et al., 2019, p. 537).

„... in Darwin's context, „fittest“ implied „best suited to a particular environment“ rather than „most physically fit“ ... (Gregory, 2009, p. 3)

Das heißt eben nicht, dass sich nur gut angepasste Individuen fortpflanzen werden, doch einige Variationen in den Merkmalen werden für Individuen der Population einen Vorteil bringen, um mehr Nachkommen zu erzeugen. Somit verschiebt sich der Genpool der nächsten Generation in Richtung des besser angepassten Merkmals. In der Natur wird zwar immer der Phänotyp den Umwelteinflüssen ausgesetzt und Populationen passen sich durch die selektive Wirkung der Umwelt an, doch dadurch werden immer gewisse Genotypen von Generation zu Generation innerhalb der Population zahlenmäßig gleich gehalten, oder das Verhältnis zu Beiträgen anderer Individuen zum Genpool wird über die Generationen hinweg verschoben (Urry et al., 2019, p. 537). Genetische Variation alleine führt aber nicht zwangsläufig zu natürlicher Selektion, erst wenn die Variation Vorteile im Überleben oder der sexuellen Reproduktion mit sich bringt, beginnt diese zu wirken. Die genetischen Variationen, welche vorteilhafte Merkmale codieren, werden dann durchschnittlich öfter von Generation zu Generation weitergegeben als andere in der Population existierende Variationen. Der ungleiche Fortpflanzungserfolg tritt in jeder Generation ein und addiert sich im Laufe der Generationen, womit sich der Genpool der Population in Richtung des vorteilhaften Merkmals verschiebt. Die Veränderung der Proportion der verschiedenen Merkmale innerhalb der Population verändert somit den Wert der Variationen und nicht die Veränderung eines einzelnen Organismus. Daher evolvieren nicht einzelne Individuen, sondern Populationen (Gregory, 2009, p. 159). Durch natürliche Selektion evolvieren also Populationen, aber durch sie können keine neuen Eigenschaften erworben werden, eher

wird die genetische Variation innerhalb von Populationen weniger. Wichtig ist zu sehen, dass natürliche Selektion ein Prozess in zwei Schritten ist. Im ersten Schritt steht die Entwicklung neuer Merkmale durch Mutation und Rekombination. Im zweiten Schritt wird dann determiniert, welche dieser zufällig erworbenen neuen Eigenschaften auch in die nächste Generation vererbt werden (Gregory, 2009, p. 161). Dies passiert bei zufälligen Mutationen oder Neukombinationen von Genen. Die meisten Mutationen sind neutral oder gar hinderlich für die relative Fitness. Doch manche Mutationen werden sich als hilfreicher als andere in Bezug auf das Überleben in einer gewissen Umwelt darstellen und werden sich in einer Population im Laufe vieler Generationen allmählich etablieren können. Mutationen passieren keineswegs, weil sich eine Population oder gar ein Individuum besser anpassen möchte, sondern es sind nur „Fehler“ in der genetischen Replikation, welche dann - falls sie sich als günstig erweisen - durch natürliche Selektion im Genpool der Population fixiert werden (Gregory, 2009).

Bereits 1992 schrieb Kattmann, dass das Populationsdenken im schulischen Unterricht in den Vordergrund gerückt werden soll, denn es ist grundlegend für das Verständnis der evolutiven Prozesse. Denn SchülerInnen unterscheiden oft nicht zwischen Populationen und Individuen (Johannsen-Eichhorn & Krüger, 2005).

Auffällig bei den Recherchen zum Populationsbegriff war, dass nur in wenigen Quellen ebendieser explizit beschrieben wurde. Bei den meisten evolutionsbiologischen Werken wird der Populationsbegriff nur im Zusammenhang mit Definitionen genannt. Hier sieht man schon in der Literatur, dass Population als ein von Seiten der Lesenden bereits verstandener und definierbarer Begriff vorausgesetzt wird, welcher nicht näher erklärt werden muss. In einer Schulbuchanalyse von Martin Wäger (2017) von nahezu allen in Österreich approbierten Biologiebuchreihen erhärtet er diesen Verdacht. Der Begriff Population taucht in den 17 Buchreihen und insgesamt 63 Büchern zwar insgesamt auf 127 Seiten auf, aber nur bei zwei Büchern der Oberstufe wird der Begriff genauer definiert. Auch diese Erklärungen sind mangelhaft, da sie lediglich erklären, dass eine Population durch gleichartige Organismen, welche im selben Gebiet leben, definiert ist. Der Fakt, dass sich die Individuen untereinander fortpflanzen können und auch jener, dass die Populationsebene für die Evolution bedeutend ist, wird ausgelassen. In den Unterstufenbüchern (14 Serien und 52 Bücher) wird der Populationsbegriff lediglich auf insgesamt 17 Seiten erwähnt (Wäger, 2017, pp. 42-43). Rachbauer (2018) hat diese Analyse dann weitergeführt und entdeckt, dass die wichtigsten Konzepte der Evolution zwar bearbeitet werden, aber nicht untereinander verlinkt sind. Das Konzept der Population

wird völlig ausgelassen und nur am Rande erwähnt. Auch die Natürliche Selektion ist nur mangelhaft erklärt, hierbei fehlt der Fakt, dass Ergebnisse dieser nur auf der Ebene von Populationen über Generationen hinweg beobachtet werden können. Teleologisches Denken von SchülerInnen wird von in Schulbüchern öfters vorkommenden Aussagen wie: „Individuen passen sich durch natürliche Selektion an“, noch verstärkt (Rachbauer, 2018). Aufgrund dieser teils alarmierenden Ergebnissen der Naturwissenschaftsdidaktikforschung möchte ich mich in dieser Diplomarbeit dem Thema, wie SchülerInnen im Laufe einer Schullaufbahn den Populationsbegriff denken, widmen.

2.3. Die Entstehung von Alltagsvorstellungen

Alltagsvorstellungen von SchülerInnen stehen im direkten Zusammenhang mit der frühkindlichen Erklärung der Welt. Piaget (Stamm & Edelmann, 2013) hat seine Theorie nach einer kognitiven Entwicklung konstruiert. Demnach entwickelt sich das Denken des Kindes von der Geburt bis hin zum 12. Lebensjahr in mehreren Entwicklungsstufen. Zu Beginn ist das kindliche Denken konkret, egozentrisch und handlungsnah, bis es sich nach dem Durchlaufen der Entwicklungsstufen zu einem multiperspektivischen und abstrakt-symbolischen Denken entwickelt. Nach Piaget müssen komplexe Persönlichkeitscharakteristika vom Kind selbst aktiv konstruiert werden und sind direkt vom sozialen und materiellen Umfeld beeinflusst. Demnach kann die Entwicklung der Intelligenz, des Denkens und des Wissens nicht von außen implementiert werden (Stamm & Edelmann, 2013, p. 25). Damit hat Piaget die Grundlagen für den Konstruktivismus geschaffen, welcher als Basis für die Erfassung von SchülerInnenvorstellungen in der Naturwissenschaftsdidaktik Verwendung findet.

2.3.1. Erfahrungsbasiertes Verstehen

Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens beschäftigt sich allgemein mit dem Mechanismus hinter der Entstehung von Vorstellungen (Lampert et al., 2018). Nach (Lakoff & Johnson, 1980, p. 44) werden die meisten Konzepte nur auf Basis von anderen Konzepten verstanden, was wiederum auf der Basis von Metaphern funktioniert. Nur sehr

basale Konzepte können ohne jegliche Verwendung von Metaphern direkt verarbeitet werden, wie zum Beispiel aufrecht Stehen, denn unser Körper macht diese Orientierung ständig, selbst wenn wir schlafen. Selbst unsere Sprache und vor allem das Denken sind nach Metaphern strukturiert (Krüger, 2007b, p. 105). Somit werden bei jeder Konversation Konzepte metaphorisch gegliedert. Wenn ein Konzept zum Beispiel mit zwei Metaphern beschrieben wird, so muss zuerst die erste Metapher verstanden werden, um die zweite dann mit dieser in Verbindung setzen zu können. Zusammen betrachtet, können dann beide eine ganz andere Bedeutung einnehmen (Lakoff & Johnson, 1980, p. 73). Das bedeutet, Metaphern durchdringen das konzeptuelle System, weil fast alle Konzepte, welche wichtig für uns sind, entweder sehr abstrakt oder nicht klar abgegrenzt in unseren Erfahrungen erscheinen. Daher suchen wir in unserem eigenen Vorstellungsschatz nach metaphorischen Definitionen, suchen also in unserer eigenen Erfahrungswelt nach dem Sinn der erfahrenen Aussage (Lakoff & Johnson, 1980, p. 86). Somit orientieren sich alle Metaphern an den lebensweltlichen Erfahrungen, eine Kopplung von Organismus und Umwelt, wiederholte Erfahrungen führen schließlich zu „verkörperten Kognitionen“ (Krüger, 2007b).

Metaphern sind demnach in unserem Denken zentral verankert, und das Verstehen ist hochgradig imaginativ. Unser Sprachgebrauch gewährt demgemäß Einblick in die Art und Weise wie wir denken (Krüger, 2007b, p. 106). In diesem Zusammenhang und für die Interpretation der Interviews ist allerdings das Ergebnis von der Studie von Wallin und Kollegen (2001) zu nennen, welche im Kontext der Anpassung festgestellt haben, dass SchülerInnen, welche das Wort „muss“ in ihren Erklärungen verwenden, nicht zwangsläufig damit einen eine bewusst gesteuerte Anpassung der Individuen meinen. Auch wenn sie eine missverständliche Sprache verwenden, kann es sein, dass ihr Konzept nicht weit von der wissenschaftlich anerkannten Meinung abweicht. Daher muss bei der Interpretation von einzelnen Worten immer der Zusammenhang mit Aussagen aus dem gesamten Interview hergestellt werden, um falsche Interpretationen zu vermeiden (Wallin et al., 2001, p. 8).

Nichts desto trotz zeigt eine Verwendung von verkörperten Begriffen, also Begriffen welche direkt verstanden werden, dass erst die vielen verschiedenen möglichen Metaphern zur Erklärung komplexer wissenschaftlicher Sachverhalte geordnet werden müssen. Verkörperte Begriffe bilden demnach das Fundament, auf das zurückgegriffen werden kann, um sich imaginative Vorstellungen selbst zu schaffen. Verkörperte Begriffe können zum Beispiel Basiskategorien, Begriffe zu räumlichen Beziehungen oder Schemata sein (Krüger, 2007b).

2.3.2. Der Einfluss des Vorwissens auf SchülerInnenkonzepte

SchülerInnen haben im Regelfall bereits ein Wissen zu bestimmten naturwissenschaftlichen Themen, welche durch Alltagserfahrungen und auch durch Sprechweisen übermittelt werden können. Aber auch Medien wie Fernsehen oder Internet können Einfluss auf Präkonzepte von SchülerInnen haben. Diese sind nicht immer förderlich für einen wissenschaftsbasierten Biologieunterricht und müssen daher von den Lernenden erweitert oder korrigiert werden (Labudde, 2013).

2.3.2.1. Moderater Konstruktivismus

Der moderate Konstruktivismus ist der zentrale paradigmatische Rahmen der modernen Lehr- und Lernforschung. Dabei wird davon ausgegangen, dass Lernende ihr Wissen aktiv selbst konstruieren. Dieser Prozess ist selbstgesteuert und abhängig von dem Erfahrungsschatz der Lernenden. Somit ist der Ausgangspunkt jeglichen Lernens durch individuelles Vorwissen und somit auch durch Alltagserfahrungen definiert (Riemeier, 2007).

Abgeleitet wurde der moderate Konstruktivismus vom radikalen Konstruktivismus. Im radikalen Konstruktivismus gilt, dass jegliche Abbildung der Realität als Wissen lediglich eine Konstruktion des Menschen ist. Obwohl diese Theorie sehr viele KritikerInnen auf den Plan gerufen hat, hat sie abgewandelt als moderater Konstruktivismus einen bedeutenden Stellenwert für die Beschreibung zum Verständnis von Lernprozessen in der Didaktik der Naturwissenschaften erlangt (Brennecke, 2014).

Nach Gerstenmaier und Mandl (1994) wurden einige konstruktivistischen Grundannahmen in den didaktischen Diskurs aufgenommen. Die Konstruktion von Wissen ist von den derzeitigen mentalen Strukturen abhängig, Überzeugungen und wie bereits erwähnt dem Vorwissen. SchülerInnen interpretieren unter diesen Voraussetzungen dann ihre wahrnehmungsbedingten Erfahrungen. Das Wissen wird also nicht direkt übertragen, sondern muss erst von den EmpfängerInnen generiert werden, indem es mit den Vorerfahrungen verknüpft wird, damit Wissensstrukturen aufgebaut werden können. Wichtig dabei ist, dass jede/r SchülerIn eine andere Interpretation vom Gelernten haben kann, und die Lehrperson damit akzeptieren muss, dass Lerninhalte verschieden

interpretiert werden können. Somit sind die Lernergebnisse auch immer verschieden. Besonders wichtig für den Lernprozess ist die empfundene Relevanz des Gelernten. Hat die neue Information wenig Bezug zu der Lebenswelt der Lernenden, dann wird sie mit geringerer Wahrscheinlichkeit in die Generation neuer Wissensstrukturen miteingebaut (Gerstenmaier & Mandl, 1994, p. 875).

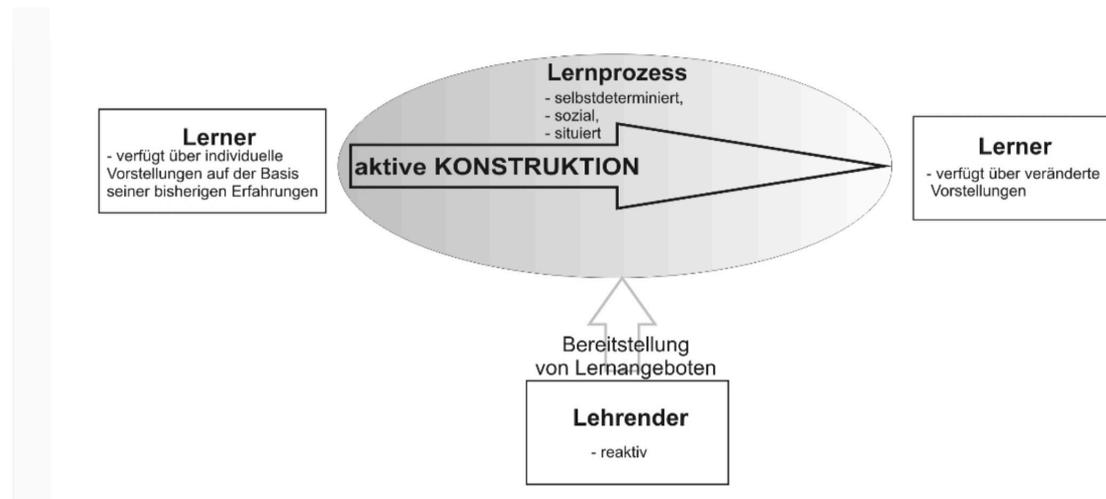


Abb. 2 aus: Riemeier (2007)

Nach Riemeier (2007) ist Lernen somit ein konstruktiver, selbstdeterminierter, individueller, sozialer und situierter Prozess. Denn das Gehirn kann nicht einfach ein Abbild der Außenwelt speichern. Bilder werden durch Reizungen von Sinnesorganen geschaffen, welche wiederum Erregungen in den Sinneszellen auslösen, diese werden dann durch afferente Neuronen in das Gehirn weitergeleitet. Da Reize lediglich Erregungen auslösen, sind diese in erster Linie bedeutungs- und inhaltsfrei, erst durch den Vergleich mit bereits vorhandenen Situationen können sie miteinander kombiniert werden. Daher kann der/die Unterrichtende zwar von außen einen Lernprozess in Gang setzen, jedoch diesen nicht bis zur „richtigen“ individuellen Verarbeitung beeinflussen (Riemeier, 2007, p. 72).

Mit dem moderaten Konstruktivismus können allerdings keine Aussagen darüber gemacht werden, wie SchülerInnen ihre Vorstellungen von verschiedenen Konzepten verändern (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). In den naturwissenschaftlichen Fächern wird hierfür vorrangig die Conceptual Change-Theorie verwendet (Riemeier, 2007).

2.3.2.2. Conceptual Change-Theorie

SchülerInnen haben, wenn sie in den Biologieunterricht eintreten, bereits einen gewissen Grad an Vorwissen, den sie mitbringen. Der Unterricht kann hier ansetzen und an dieses meist durch lebensweltliche Erfahrungen generiertes Vorwissen anknüpfen. Oft wird der Lernprozess dadurch aber auch erschwert (Labudde, 2013, p. 57). Durch bloßes Hinweisen auf ihre Fehler können Fehlvorstellungen von SchülerInnen aber nicht einfach beseitigt werden, es muss den Lernenden im Unterricht vielmehr aufgezeigt werden, dass das Erklärungspotential ihrer Vorstellungen nicht ausreichend ist, um Sachverhalte hinreichend zu erklären (Dreesmann et al., 2012, p. 27). Wie SchülerInnen ihre bereits vorhandenen Konzepte hin zu wissenschaftlich akzeptierten und korrekten Vorstellungen beobachtbar verändern, versucht die Conceptual Change-Theorie genauer zu beschreiben (Strike & Posner, 1992). Sie wurde 1982 von Posner, Strike, Hewson und Gertzog entwickelt und gliedert den Prozess in zwei grundlegende Mechanismen, welche eintreten müssen, um eine Abänderung der bestehenden Theorien zu verwirklichen: Assimilation und Akkommodation. Bei der Assimilation geht es zuerst um die Angleichung von bestehenden Vorstellungen an die neuen Konzepte. Die Akkommodation bewirkt dann endgültig die Anpassung an das neue Konzept, welches im Laufe dieses zweiten Schrittes die alten Vorstellungen ersetzt (Lammert, 2012, p. 37).

Dieser Prozess wird von Brennecke (2014) als sehr schwer durchführbar bezeichnet, da SchülerInnen dazu neigen, ihr altes Konzept so lange zu benutzen solange es sich in irgendeiner Form dazu eignet Sachverhalte für sie zu erklären. Zum anderen gibt sie in Bezugnahme auf Mühlbacher (2011) zu bedenken, dass sich dies auch durch die aufwendige Neubildung von Synapsen erklären lässt.

Strike und Posner (1992) gliedern ihre Conceptual Change-Theorie abseits der beiden oben genannten Mechanismen in vier grundlegende Bedingungen welche erfüllt sein müssen, um die SchülerInnenvorstellungen abzuändern oder zu verwerfen. Die vier Bedingungen werden von ihnen in Bezug auf vorhandene Konzepte mit dem Begriff: *dissatisfaction und in Bezug auf die Akzeptanz neuer Konzepte mit den Begriffen intelligible; plausible; und fruitful* bezeichnet. Labudde (2013, p. 64) fasst diese Begriffe nach (Strike & Posner, 1992) wie folgt zusammen:

„Die Lernenden müssen mit den vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein, also bemerken, dass ihre vorhandenen Vorstellungen nicht ausreichen, um ein Phänomen zufriedenstellend zu deuten (>>dissatisfaction<<)

Das neue Konzept, das erarbeitet wird, sollte für den Lerner bzw. der Lernerin nachvollziehbar und verständlich sein (>>intelligible<<)

Das neue Konzept sollte darüber hinaus auch glaubwürdig sein – der Lernende bzw. die Lernerin muss von der Angemessenheit des Konzepts auch innerlich überzeugt sein (>>plausible<<)

Das neue Konzept sollte das Erklären und Deuten vieler Zusammenhänge ermöglichen - es sollte sich also als fruchtbar in der Anwendung erweisen (>>fruitful<<)“ (Labudde, 2013, p. 64).

Die Konzeptwechsel von SchülerInnen verlaufen aber nicht abrupt von einer wissenschaftlich falschen Vorstellung hin zu der richtigen, vielmehr durchlaufen SchülerInnen Zwischenvorstellungen auf dem Weg zu adäquaten Vorstellungen (Labudde, 2013). Krüger (2007a) bezeichnet dies als die conceptual reconstruction.

„Die Entwicklung und das Wachstum von Vorstellungen berücksichtigen zwar eine schrittweise Veränderung der alten Vorstellung, beziehen aber das Verschwinden der alten Vorstellung mit ein“ (Krüger, 2007a, p. 82).

2.4. Alltagsvorstellungen von SchülerInnen zur Evolutionstheorie

In der Literatur ist des Öfteren der Begriff Fehlvorstellungen zu finden, welcher aber im didaktischen Zusammenhang kontrovers diskutiert wird. Er besitzt einen wertenden Charakter und soll eher vermieden werden. Wenn der Begriff Fehlvorstellungen anstelle von Alltagsvorstellungen, Lernendenvorstellungen, Präkonzepte oder auch alternative Vorstellungen verwendet wird, ist somit darauf hinzuweisen, dass dies aus einer wissenschaftlichen Sicht heraus zu verstehen ist und keineswegs eine Herabwürdigung der SchülerInnen darstellen soll (Graf & Hamdorf, 2012, p. 25). Alltagsvorstellungen von SchülerInnen können im wissenschaftsorientierten Unterricht oft eine hinderliche Funktion beim Lernen neuer Sachverhalte einnehmen, vor allem dann, wenn die

Alltagsvorstellungen im Widerspruch zu dem zu Lernenden steht. Es wird dann von einer Fehlvorstellung gesprochen, obwohl sich diese in Alltagskontexten durchaus bewährt haben oder auch als angemessen angesehen werden können (Graf & Hamdorf, 2012, p. 26). Die Fehlvorstellungen im Bereich der Evolution von SchülerInnen unterscheiden sich nicht willkürlich, nach Beniermann (2019) finden sich darin immer wiederkehrende Muster und es ist somit eine systematische Einordnung der Vorstellungen möglich. Die folgende Auflistung von Alltagsvorstellungen wurde auf Basis der Arbeit von Johannsen et al. (2005, p. 25) erstellt und um weitere gängige Alltagsvorstellungen unter Bezugnahme auf verschiedenste AutorInnen erweitert. Im Anschluss daran werde ich zu klären versuchen, wie es zur Bildung von SchülerInnenvorstellungen kommt und wie sich diese Konzepte im Laufe eines Lernprozesses verändern.

2.4.1. Kreationistische Vorstellungen

Wenn aus religiösen Gründen eine Zurückweisung oder eine Nichtakzeptanz der Evolutionstheorie vorliegt, dann wird diese Denkweise als Kreationismus bezeichnet. Hier wird die Bibel wörtlich ausgelegt und ihre Schöpfungsgeschichte als die einzig richtige angesehen. Im Grunde wird angenommen, dass der Mensch und auch alle anderen jetzt existierenden Lebewesen, so wie sie im Moment beobachtbar sind, von einem Gott erschaffen wurden (Berck & Graf, 2018). Wie allerdings auch Kattmann bemerkt, sind es nicht nur SchülerInnen, welche den Schöpfungsgedanken als richtig ansehen und somit auch kreationistische Gedanken in ihre Erklärstrukturen einbauen. Sondern auch SchülerInnen, welche den Schöpfungsgedanken ablehnen, bringen oft religiöse Motive mit ein. In einer Studie an einem Oldenburger Gymnasium hat ein Drittel der SchülerInnen biblische Aussagen als naturwissenschaftliche Tatsachen angesehen (Kattmann & Cypionka, p. 201).

In weiterer Folge fasst Kattman (2017, p. 202) die Alltagsvorstellungen zu Schöpfung und Evolution folgendermaßen zusammen:

„Schülerinnen und Schüler

- *Halten Aussagen zur Schöpfung und Evolution für direkt konkurrierende, sich widersprechende Tatsachen;*

- *Versuchen teilweise, den empfundenen Widerspruch durch persönliche Konstruktionen auszugleichen;*
- *Benennen vielfach naturwissenschaftliche Grundlagen unreflektiert als „objektive Wahrheit“ und stellen ihnen den Glauben als subjektiv beliebige sowie überholte Vorstellung gegenüber.“ (Kattmann & Cypionka, 2017, p. 202)*

2.4.2. Finalistische Vorstellungen / Teleologische Vorstellungen

Die evolutionären Prozesse werden in der finalistischen Denkweise als zweckgerichtet angesehen, das heißt die Funktionalität eines Merkmals wird auch sogleich als die Ursache für die Entwicklung ebendieses verstanden (Johannsen-Eichhorn & Krüger, 2005).

Bei der finalistischen Vorstellung kann ebenfalls, wie bereits zuvor in der kreationistischen Vorstellung, eine höhere Instanz mitgedacht werden, ist aber nicht immer der Fall. Auch das Lebewesen selbst kann bei den teleologischen Vorstellungen die zielgerichtete Anpassung steuern, deren Ziele den Lebewesen innewohnen oder durch Umweltbedingungen vorgegeben sind (Beniermann, 2019, p. 56; Lammert, 2012, p. 21). Als höhere Instanz gibt Benniermann (2019) drei verschiedenen Ebenen an; den Theismus, wo ein göttliches Wesen die Richtung vorgibt; den Vitalismus, in dem eine immaterielle Lebenskraft wirkt und sich an Umweltbedingungen anpasst, und den Pantheismus, worin der gesamte Kosmos als treibende Kraft für Veränderungen angegeben wird. Kampourakis (2020) geht von zwei verschiedenen Ansätzen beim teleologischen Denken aus. Der erste Ansatz ist, dass das jeweilige Merkmal aufgrund eines intentionalen Entwurfes für einen bestimmten Zweck erschaffen wurde. Der zweite Denkansatz richtet sich auf die Funktionalität. Hierbei ist die Anwesenheit eines bestimmten Merkmals nur auf die Nützlichkeit für das Gesamte zurückzuführen. Dieser Erklärungsansatz ist für von Menschen gemachte Dinge legitim, aber bei biologischen Organismen gibt es eine Vielzahl von Eigenschaften, welche sinnlos oder schlichtweg nicht funktional sind. Somit kann nicht von einem konstruierten Organismus ausgegangen werden (Kampourakis, 2020, p. 3). Gehen SchülerInnen von der Funktionalität eines Organes in ihrem teleologischen Denken aus, so liegen sie damit nicht zwangsläufig falsch. Denn das Organ wurde ja aufgrund der Funktion selektiert und existiert deshalb in dieser Form. Dabei handelt es sich um eine robuste Form des teleologischen Denkens (Kampourakis, 2020, p. 11) Problematisch für das Gesamtverständnis der Evolutionstheorie sind finalistische Vorstellungen vor allem

dann, wenn SchülerInnen von einer zielgerichteten Entwicklung ausgehen, worin es einen definierten Start und Zielpunkt gibt, welche durch eine externe Kraft oder den Organismus selbst gesteuert werden. Auch der Faktor Zufall, der in der Evolutionstheorie einen integralen Bestandteil einnimmt, wird von SchülerInnen mit finalistischen Vorstellungen nur schwer akzeptiert, und somit wird das Verständnis der Evolutionstheorie behindert (Kampourakis, 2020; Lammert, 2012).

Teleologische Vorstellungen haben zu den finalistischen Vorstellungen eine hohe Ähnlichkeit, da auch hier die Zweckgerichtetheit auf ein Ziel ausgerichtet ist, daher werden in dieser Arbeit diese beiden SchülerInnenvorstellungen nicht voneinander unterschieden (Johannsen-Eichhorn & Krüger, 2005).

2.4.3. Lamarckistische Vorstellungen

Jean Baptiste Lamarck hat in seiner Erklärung der Evolution eine Vielzahl an Ideen und Mechanismen integriert (Ha & Nehm, 2014) doch wenn im Folgenden von lamarckistischen Denkweisen gesprochen wird, sei angemerkt, dass darunter nur die charakteristischste Idee von Lamarck als Struktur für die Vorstellungen gemeint ist. Nach Kampourakis und Zogza (2007) ist die Generalisierung auf einen Fehlaspekt seiner Theorie zur Benennung von SchülerInnenvorstellungen inadäquat oder gar als unfair zu bewerten, da er ein wichtiger Wegbereiter der modernen Evolutionstheorie war. Lamarck hat einen wichtigen Paradigmenwechsel durch die Annahme eingeleitet, dass sich alle Organismen ständig verändern und die Natur somit nicht mehr als statisch angesehen werden kann (Kampourakis & Zogza, 2007).

Dennoch ist der Begriff Lamarckismus für SchülerInnenvorstellungen in der biologiedidaktischen Forschung breit verankert und soll daher auch in dieser Arbeit Verwendung finden.

Bei den sogenannten lamarckistischen Vorstellungen wird davon ausgegangen, dass morphologische Eigenschaften oder auch Merkmale, welche von der Elterngeneration während ihres Lebens erworben wurden, an die nächste Generation weitergegeben werden. Zentrale Aussage in dieser Auffassung ist die Modifikation von Körperteilen durch ihren Gebrauch oder eben Nichtgebrauch dieser. Die Nachkommen dieser modifizierten Individuen zeigen dann dieselben Anpassungen/Eigenschaften wie die Elterngeneration (Beniermann, 2019). SchülerInnen mit einer lamarckistischen Denkweise akzeptieren nur

schwer den Faktor Zufall, welcher Mutation und Selektion innewohnt (Harms & Reiss, 2019)

2.4.4. Typologische Vorstellungen

Bei den typologischen Vorstellungen ist ein zentraler Punkt, dass angenommen wird, dass es kaum Unterschiede innerhalb der Individuen in einer Population gibt. Somit stimmen nach dieser Auffassung die Individuen in den wesentlichen Merkmalen überein, Unterschiede werden als zufällig auftretend und auch als unbedeutend eingestuft. Durch die Gleichheit aller Individuen in einer Population wird der Selektionsdruck aller Individuen ebenfalls als gleich angesehen. Diese Vorstellung ist vor allem dadurch geprägt, dass sich alle Individuen einer Population gleichzeitig in einem Merkmal im gleichen Maße ändern und nicht durch die zahlenmäßige Zunahme der Individuen mit vorteilhaften Merkmalen über die Zeit. SchülerInnen mit typologischen Vorstellungen haben Probleme beim Verstehen des Selektionsprozesses (Lammert, 2012, p. 23).

2.4.5. Anthropomorphe Vorstellungen

Bei den anthropomorphen Vorstellungen werden einzelnen Individuen, egal ob Pflanzen, Tieren oder eben „der Natur“ im Allgemeinen menschliche Eigenschaften zugeschrieben. SchülerInnen mit solchen Vorstellungen schreiben den sich entwickelnden Spezies oder ihren Individuen ein Bewusstsein für ihre Situation zu und glauben, dass diese individuell auf die Gegebenheiten eingehen und sich je nach Bedarf verändern können. Diese Veränderung wird als bewusst selbstgesteuert und zielgerichtet angesehen (Lammert, 2012, p. 22).

Kattmann (2013) sieht die anthropomorphe Denkweisen und Ausdrucksweisen nicht nur als ein sprachliches Problem, vielmehr verraten Ergebnisse aus Interviewstudien ein tiefes Bedürfnis nach Harmonie und Sinn in der Natur.

Er definiert die Alltagsvorstellungen von SchülerInnen zum evolutionären Wandel wie folgt:

„- Anpassung wird als zielgerichtetes Handeln von Individuen nach den Bedürfnissen der Organismen begriffen

- *Die Natur und Evolution sind Subjekte, die das für das Überleben nötige bereitstellen.*
- *Die Evolution steigt geradlinig zum Höheren auf, d.h. letztlich zum Menschen“*
(Kattmann, 2013)

2.4.6. SchülerInnenvorstellungen als Denkfiguren

Die vorliegende Diplomarbeit richtet sich in der theoretischen Positionierung nach der Studie von Baalman (2004): „Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung“, da auch bereits Jaqueline Scheibstock in ihrer Diplomarbeit diese Methode verwendet hat, um Konzepte der SchülerInnen zu erheben und diese dann in Denkfiguren zu gruppieren (Scheibstock, 2014). Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit werde ich diese Denkfiguren verwenden, um die Vorstellungen der SchülerInnen zum Thema Evolution zu erheben. Vorstellungen werden von Baalman (2004) als subjektive gedankliche Prozesse definiert, welche nicht weitergegeben und aufgenommen werden können, sondern von dem/ der Lernenden selbst konstruiert werden müssen. Wie bereits erwähnt, orientiert sich der Großteil der Naturwissenschaftsdidaktik am moderaten Konstruktivismus. Vorstellungen als Überbegriff werden von Gropengießer (2005) nach steigender Komplexität in Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien unterteilt. Bei den „Begriffen“ handelt es sich um einfache Vorstellungen, wobei Objekte durch die Verwendung von verschiedenen Fachwörtern oder Ausdrücken beschrieben werden. Bei den „Konzepten“ handelt es sich schon um komplexere Vorstellungen bei welchen zwei oder mehrere Begriffe miteinander verknüpft werden, um Sachverhalte zu erklären. „Denkfiguren“ sind dann für die Erklärung komplexerer Sachverhalte dienlich, wobei mehrere „Konzepte“ zu einer „Denkfigur“ verschmelzen. Als komplexeste Form der SchülerInnenvorstellung sind dann die „Theorien“ zu nennen. Diese werden durch die Zusammenfügung mehrerer „Denkfiguren“ gebildet (Gropengießer, 2005; Lampert et al., 2018).

Durch eine qualitative Studie hat Baalman (2004) drei grundlegende Denkfiguren zu SchülerInnenvorstellungen in der Evolution abgeleitet. Die Studie wurde an verschiedenen Gymnasien im Raum Oldenburg mit zehn SchülerInnen der Klassenstufen zehn bis dreizehn durchgeführt. Die Interviews waren leitfadenorientiert, wurden aufgezeichnet, transkribiert und ausgewertet. In der qualitativen Inhaltsanalyse ging es nicht darum, die

quantitative Häufigkeit der Vorstellungen zu eruieren, sondern die vorhandenen Vorstellungen der SchülerInnen genau zu kartieren. Anschließend wurden die erhobenen Denkfiguren direkt aus der Studie hier angeführt, da diese aus Gründen der Vergleichbarkeit mit der dieser Arbeit zur Grunde liegenden Studie von Scheibstock (2014) ebenfalls verwendet werden.

Denkfigur 1 <i>Gezieltes adaptives Handeln von Individuen</i> Anpassung wird durch absichtsvolles und zielgerichtetes Handeln von Lebewesen erreicht.
Konzepte Adaptive Individuen: Das Lebewesen macht die Anpassung.
Anpassungs-Erkenntnis: Individuen erfühlen, merken, erfahren oder erkennen bewusst oder unbewusst ihre Situation.
Anpassungs-Intention: Lebewesen haben einen inneren Trieb oder einen Überlebenswillen und somit die Absicht, sich anzupassen.
Art (Rasse) erhaltende Anpassung: Lebewesen passen sich an, um ihre Art (Rasse) zu erhalten.
Anpassende Handlungen: Lebewesen führen Handlungen aus, die zur Anpassung führen: Sie suchen einen für sie passenden Lebensraum auf, oder kreuzen sich gezielt, damit eine Form entsteht, die gut angepasst ist.
Graduelle Anpassung: In kleinen Schritten führen Änderungen zur Anpassung der Individuen

Abbildung 3 aus: (Baalmann et al., 2004, p. 11) Zusammenfassung der Denkfigur 1. (Tippfehler aus Originalabbildung).

SchülerInnen machen bei dieser Denkfigur keine Unterschiede zwischen Art und Rasse, sondern sehen diese als Individuen. Nach der Sicht der SchülerInnen ändert sich hier immer das Individuum aufgrund veränderter Umweltbedingungen. Aufgrund der Beschränkung auf die Ebene des Individuums kann angenommen werden, dass SchülerInnen mit dieser Denkfigur Arten nicht als Populationen verstehen (Baalmann et al., 2004, p. 11).

Denkfigur 2 <i>Adaptive körperliche Umstellung</i> Adaptive körperliche Veränderungen und Neubildungen werden automatisch durch Reaktionen der Organismen auf die Lebensbedingungen verursacht.
Konzepte Adaptive Gewöhnung: Der Körper stellt sich auf veränderte Bedingungen ein.
Anpassung durch Gebrauch: Adaptive Merkmale werden durch wiederholten Gebrauch ausgeprägt oder verstärkt.
Anpassungs-Notwendigkeit: Die physische Anpassung erfolgt zwangsläufig, wenn sie für Lebewesen notwendig ist, um überleben zu können.

Abbildung 4 aus: Baalman (Baalman et al., 2004, p. 12)

Bei der Denkfigur der adaptiven körperlichen Umstellung wird das Handeln der Lebewesen analog zum Handeln des Menschen gedacht. Die Anpassung wird automatisch ohne Intention erreicht und die Gründe dahinter werden nur teilweise von den SchülerInnen hinterfragt. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass sich die Umweltbedingungen verändert haben oder die Lebewesen eine neue Verhaltensweise zeigen, was eine direkte adaptive Gewöhnung des Körpers zur Folge hat. Diese SchülerInnen zeigen eine lamarckistische Denkweise (Baalman et al., 2004, p. 13).

Denkfigur 3 <i>Absichtsvolle genetische Transmutation</i> Die genetische Information (das genetische Material) wird vom Organismus oder vom Körper zum Zweck der Anpassung abgeändert.
Konzepte Gendominanz durch Beanspruchung: Stärkere Beanspruchung bestimmter Körperteile führt dazu, dass bei der Fortpflanzung die entsprechenden Gene dominieren und eine größere Aktivität entfalten.
Gendominanz durch Anpasstheit: Eine optimal angepasste Form wird dominant, eine nicht optimale wird rezessiv.
Erkenntnisanaloge Mutation: Die Erkenntnis über eine nötige Anpassung gelangt als Information in die Erbinformation und wird dort festgelegt.
Erkenntnisinduzierte Mutation: Wenn Lebewesen merken, dass sie sich verändern müssen, bringt der Körper das genetische Material dazu, sich zu verändern.

Abbildung 5 aus: Baalman (2004, p. 14).

SchülerInnen setzen ihre Vorstellungen zu Anpassungen im sichtbaren Bereich häufig auch bei der Konstruktion ihrer Vorstellungen zu den Genen oder auf molekularer Ebene ein.

Relevante Termini wie zum Beispiel „dominant“ und „rezessiv“ werden in ihrer alltagssprachlichen Bedeutung verwendet. Somit werden gebrauchte Merkmale dominant und ungebrauchte als rezessiv beschrieben. Lernende umschreiben die Abänderung der Gene oft als Lernvorgang des Körpers, aber auch als Speicherung der Information welche bei der Adaption generiert wurde (Baumann et al., 2004, p. 14).

2.4.7. Alltagsvorstellungen zu Populationen

Ein weit geläufiges Verständnisproblem bei der Adaption von Populationen ist, dass SchülerInnen oft von einem einzigen Prozess auf der Ebene eines Organismus ausgehen. Sie sehen den Adaptionsprozess nicht als eine Kombination von Prozessen, welche dann auf dem Populationslevel zu Selektionsprozessen führen und erst die Population im Endeffekt besser angepasst sein lassen. Demnach denken SchülerInnen oft daran, dass die Veränderung eines einzelnen Individuums durch Selektion im Laufe vieler Generationen für die Veränderung einer gesamten Population verantwortlich sei (van Dijk & Reydon, 2010, p. 663).

Da SchülerInnen oft davon ausgehen, dass Individuen für ihre eigene Adaption verantwortlich sind, um aufgrund von Umweltveränderung überleben zu können, ergibt sich ein weiteres Problem im Populationsdenken von SchülerInnen. Demnach beziehen SchülerInnen nicht das Konzept der Variation innerhalb von Populationen mit ein, wenn sie versuchen den evolutionären Wandel zu verstehen (Scheuch, Scheibstock, Amon, Fuchs, & Heidinger, accepted). Dies passiert daher, weil SchülerInnen eher an die Gemeinsamkeiten einer Population denken und nicht an die Variation, welche eine Veränderung von Populationen erst möglich macht. Dieses Denken führt dann oft zu dem Bild, dass Populationen eine Gruppe von identen Organismen sind, welche am selben Ort leben (van Dijk & Reydon, 2010, p. 665). Bei einer ersten Bearbeitung des mir vorliegenden Interviewmaterials haben Scheuch et al. (accepted) bereits aufgezeigt, dass die SchülerInnen von einer dichotomen anstelle von einer Normalverteilung der Merkmale innerhalb von Populationen ausgehen. Dabei gruppieren die SchülerInnen die Tiere in zwei Gruppen - jenen mit den vorteilhaften Merkmalen und jene mit den unvorteilhaften Merkmalen. Der Fortpflanzungserfolg und die Überlebenschancen werden dann für alle Mitglieder der einzelnen Gruppen als ident angesehen. Hier kann von einem typologischen Denken ausgegangen werden, da die Evolution nicht als fortlaufender Prozess beschrieben

wird. Die SchülerInnen gehen vielmehr davon aus, dass Variation nur am Beginn herrscht und die Evolution dann immer in einer homogenen Gruppe mit den vorteilhaften und identischen Merkmalen endet (Scheuch et al., accepted). Dies ist ein erstes Ergebnis aus einem Teil des Datenmaterials, welches ich im Laufe dieser Arbeit noch vertiefend und nach Aspekten zum Populationsdenken von SchülerInnen aufarbeiten werde.

2.4.8. Essentialismusproblem

Probleme beim Populationsdenken ergeben sich bei SchülerInnen oft durch eine essentialistisch geprägte Denkweise, welche bei Kindern und auch Erwachsenen weit verbreitet ist (van Dijk & Reydon, 2010, p. 666)

Nach Harm und Reiss (2019) ist Essentialismus der Glaube daran, dass Individuen und Gruppen eine essentielle Natur haben, die es gestattet diese in Kategorien zu ordnen. Diesen Kategorien werden scharfe und unveränderliche Grenzen zugeordnet. Mitgliedschaft in einer dieser Kategorien führt zu beobachtbaren Eigenschaften, welche für die Anwesenheit einer nicht beobachtbaren Kernessenz stehen, welche wiederum von den Eltern an die Nachkommen weitergegeben wird (Harms & Reiss, 2019, p. 189). SchülerInnen stellen sich nicht die Frage nach dem Ursprung der Arten, sondern beschreiben diese nur durch die Eigenschaften und sehen sie als konstant oder unveränderlich an. Ein Aussterben der Arten ist zwar zum Beispiel durch die Veränderungen von Umweltbedingungen möglich, doch nach Hammann und Asshoff (2017) finden in dieser Denkweise Artwandel und Artneubildung nicht statt. Lediglich das äußere Erscheinungsbild kann sich wandeln, die Tiefenmerkmale bleiben bei der essentialistischen Denkweise demnach unveränderlich (Hammann & Asshoff, 2017, p. 244)

3. Forschungsfragen

In dieser Arbeit soll näher darauf eingegangen werden, inwiefern sich das Populationsdenken am Beispiel von drei ProbandInnen von der 8. Schulstufe bis zur 12. Schulstufe zum Thema Evolution verändert.

Wie verändert sich das Verständnis zum Populationsbegriff im Laufe der fünf Jahre?

Wie verändern sich die Vorstellungen zum Populationsbegriff nach einer erfahrenen Unterrichtssequenz?

4. Methoden

Die Datenerhebung dieser Studie wurden von Jaqueline Scheibstock mit qualitativen Methoden durchgeführt (Scheibstock, 2014; Scheuch et al., accepted). Da es um die Erfassung von individuellen Konzeptentwicklungen und persönliche Denkstrukturen geht, ist nach Kattmann (2007) aufgrund der systematischen Erfassung von Fremdverstehen ein Vorentscheid auf qualitative Methoden zu treffen. Auch Baalman (2004) merkt an, dass die Komplexität der Denkkonzepte von Schülerinnen nur durch ein offenes, interaktives und problemzentriertes Verfahren adäquat eruiert werden kann. Die Studie hat einen prozesshaften Charakter und folgt einem Fallanalyseansatz (Yin, 2003), womit ich versuchen möchte, die Lernwege von drei SchülerInnen über fünf Jahre hinweg zu beschreiben. Die Probandinnen wurden nach dem Kennenlernen der gesamten Klasse in einer Gruppendiskussion unter Absprache mit der Lehrperson ausgewählt. Dies ist nach Kattmann (2007, p. 102) ein entscheidender Schritt, denn er bezeichnet die Kooperation mit der Lehrkraft als essentiell. Bezüglich der geeigneten Auswahl der ProbandInnen bezieht sich Scheibstock (2014) auf Lamnek (2005), dass die Gruppendiskussion ein hervorragendes Mittel sei, um die Einstellungen, Meinungen, Verhaltensweisen, Normen, Werte, Ideologien und Argumente von Mitgliedern einer größeren Gruppe zu eruieren. Mithilfe dieser wurden dann im Anschluss die Probandinnen ausgewählt.

Die Daten wurden dann von Jaqueline Scheibstock durch problemzentrierte, offene und leitfadenorientierte Interviews erfasst. Die Interviews wurden im Prä-Post-Design durchgeführt, wobei immer dieselben ProbandInnen in der Schulstufe 8 (Alter zwischen 13 und 14 Jahren), der Schulstufe 10 (Alter zwischen 15 und 16 Jahren) und letzten Endes noch einmal in der Schulstufe 12 (Alter zwischen 17 und 18 Jahren) interviewt wurden.

Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Interviews.

4.Klasse AHS	Dauer	6.Klasse AHS	Dauer	8.Klasse AHS	Dauer
Anna Prä-Interview	23min 30sec	Anna Prä-Interview	41min 00sec	Anna Prä-Interview	53min 12sec

Anna Post-Interview	10min 52sec	Anna Prä-Interview	33min 15sec	Anna Post-Interview	2h 4min 53sec
Bianca Prä-Interview	19min 26sec	Bianca Prä-Interview	48min 03sec	Bianca Prä-Interview	51min 56sec
Bianca Post-Interview	20min 08sec	Bianca Post-Interview	29min 13sec	Bianca Post-Interview	2h 24min 57sec
Claudia Prä-Interview	23min 48sec	Claudia Prä-Interview	39min 36sec	Claudia Prä-Interview	49min 48sec
Claudia Post-Interview	15min 20sec	Claudia Post-Interview	25min 31sec	Claudia Post-Interview	1h 29min 09sec

Die drei Schülerinnen mit den Synonymen Anna, Bianca und Claudia wurden in der 8. Schulstufe zu ihren persönlichen Konzepten zum Thema „Variation“ und „natürliche Selektion“ befragt. Das erste Interview wurde vor einer spezifischen Unterrichtseinheit zu den Themen durchgeführt und das zweite Interview war nach der didaktischen Intervention. Zwei Jahre später in der 10. Schulstufe wurden wiederum dieselben Schülerinnen zum Thema „sexuelle Selektion“ vor einer Unterrichtsintervention und nach dem erfahrenen Unterricht interviewt.

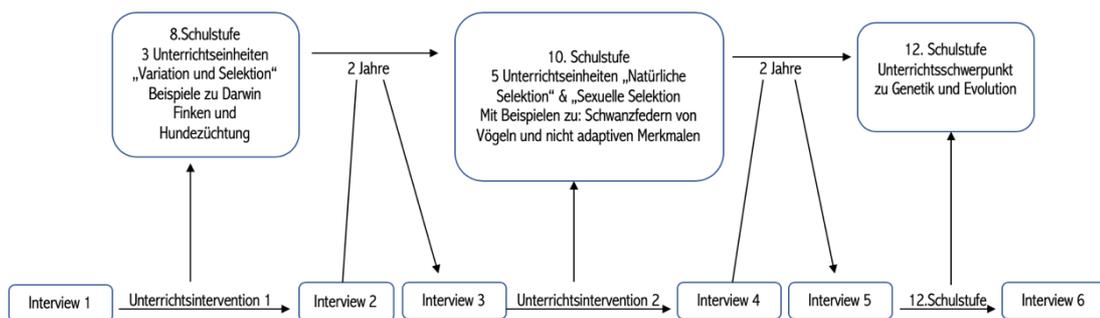


Abbildung 6: Verändert nach Scheuch (Scheuch et al., accepted) Ablauf der Interviewstudie.

Die Interviews wurden von Scheibstock leitfadenorientiert angeleitet und es wurde auch verschiedene Interventionen in die Interviews integriert, um das Denken der Schülerinnen zu verschiedensten biologischen Phänomenen abbilden zu können. Ein Beispiel dazu wäre eine Aufgabe zum Sortieren von Fotos verschiedenster Hasenarten, um Gemeinsamkeiten

von größeren Gruppen und Variation innerhalb einer Gruppe zu diskutieren. In jedem der Interviews gab es eine Aufgabe wie diese, um eine Grundlage für das Interview zu legen. Lediglich beim Post-Interview in der 12. Schulstufe wurde das Interview nicht durch bestimmte Beispiele geleitet, sondern als abschließende Erhebungsmethode eine Concept Map erstellt. Dabei wurde den Schülerinnen die Schlüsselkonzepte der Evolution auf Kärtchen niedergeschrieben ausgehändigt und sie sollten die Begriffe ordnen sowie die Zusammenhänge zwischen den Konzepten erklären.

Um die jeweiligen individuellen Konzepte der Schülerinnen im Laufe der fünf Jahre analysieren zu können, verwende ich die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2014). Die mir vorliegenden Transkripte¹ zu allen Interviews der fünf Jahre werden zuerst redigiert¹, um bedeutungstragende Aussagen der Probandinnen herauszuarbeiten und Redundanzen im Laufe der Auswertungsarbeit wegzulassen. Dabei wird streng nach Regeln vorgegangen und freie Interpretationen werden noch nicht kreiert (Mayring & Fenzl, 2014, p. 546).

Die Prä- und Post-Interviews aus jeder Schulstufe der einzelnen Probandinnen werden untereinander verglichen, um die Konzeptentwicklung über die fünf Jahre aufzuzeigen. Hierzu werden bedeutende Schülerinnenzitate in Tabellen¹ der sechs Interviews nebeneinandergestellt und Vorstellungen farblich markiert. Dadurch sollen Entwicklungen der einzelnen SchülerInnen im Laufe der Interviews sichtbar gemacht werden. Diese drei Tabellen werden miteinander verglichen, um Gemeinsamkeiten der drei SchülerInnen zu extrahieren. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse diskutiert.

Die Daten der Interviews werden mit den Anfangsbuchstaben der ProbandInnen (A,B,C) und der Zahl des Interviews (1-6) markiert, außerdem werden zu den redigierten Aussagen die zusammengefassten Zeilennummer des ursprünglichen Transkriptes mitangegeben.

¹ Zu finden unter: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4604878>

5. Ergebnisse

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse anschaulich aufgeschlüsselt werden. Zuerst werde ich die Entwicklung der einzelnen SchülerInnen durch die exemplarische Präsentation von Ankerzitate zu den jeweiligen Interviews abbilden. Im Anschluss daran wird auf die Gemeinsamkeiten der SchülerInnen im gedanklichen Entwicklungsprozess eingegangen. Die Analyse stützt sich hierbei auf die verwendete Literatur aus dem Theorieteil der Arbeit. An dieser Stelle möchte ich anmerken, dass die Abkürzungen DF1, DF2 und DF3 für die drei Denkfiguren nach Baalman (2004) stehen.

5.1. Analyse der Interviews von Anna

Scheibstock (2014) merkt in ihrer Analyse zu Anna an, dass sie eine besonders ruhige Schülerin ist und sich im Unterricht wie auch im Gruppengespräch nicht wirklich einbringt. Daraus entsteht für die Lehrkräfte der Eindruck, dass Anna ein generelles Desinteresse am Unterrichtsgeschehen hat. Aus diesem Grund wurde sie für die Interviewstudie ausgewählt, da es interessant schien, wie eine scheinbar am Unterricht nicht interessierte Schülerin die Unterrichtsinhalte in ihre Gedankenstrukturen einbaut (Scheibstock, 2014).

Aus den Manuskripten der Interviews ist jedenfalls ersichtlich, dass Anna für die Beantwortung der Fragen länger braucht und viele Gedankenpausen einlegt. Dies ist durchwegs bis zu den Interviews in der 8. Klasse beobachtbar. Dennoch zeigt sich bei der Analyse sehr wohl, dass Anna Beispiele, welche im Unterricht besprochen werden, in ihre wiedergegebenen Erklärungen mit einbaut.

Aus ihren Interviews geht auch hervor, dass sie ein gewisses Interesse an Biologie hat. (A1/1-31) *In Biologie haben wir letztens irgendeinen Forschungszyklus besprochen [...], das war ziemlich interessant. Fakten und so aufschreiben interessieren mich nicht so. Mikroskopieren und so Sachen mag ich auch. (A3/1-21) Allgemein interessiere ich mich für Naturwissenschaften. Jetzt naja. [...] Jetzt zum Beispiel haben wir Meiose und das Ganze mit den Phasen gemacht, dass lernt sich dann doch mühsamer als früher. Es kommt immer auf den Bereich der Biologie an. (A5/1-24) Biologie ist nicht unbedingt mein Lieblingsfach, weil ich es als wahnsinnig wichtig empfinde. [...] Das ganze mit DNA, Vererbung und Gene war anstrengender.*

Obwohl Anna Biologie interessant findet, lässt sich aus diesen Aussagen schließen, dass sie Biologie zwar wichtig findet, aber sich selbst auch leichte Probleme beim Verstehen der Materie eingesteht. Durch ihre Aussagen verdeutlicht sie auch, dass sie Themengebiete, zu welchen sie sich Sachverhalte besser vorstellen kann und einen lebensweltlichen Bezug herstellen kann, mit größerem Interesse im Unterricht verfolgt. (A5/25-38) [...] *Verhaltensforschung fand ich zum Beispiel ganz cool.*

5.1.1. Ergebnisse aus dem Prä-Interview der 4. Klasse mit Anna

(97- 120) Also, wenn ich das Wort Evolution höre, denke ich an die Entwicklung des Menschen. Aber ich glaube es bedeutet auch von der Erde und so. Aber ich bin mir nicht sicher. Beim Menschen war's zum Beispiel früher ein Affe und dann sind wir halt so wie wir sind. Und früher gab's ja auch die Neandertaler und so, die haben auch noch anders ausgesehen, aber es waren auch noch so eher Menschen. Und ich glaub die Menschen haben sich auch weiterhin verändert.

Bei der ersten Assoziation zu Evolution zeigt Anna gleich eine anthropomorphe Denkweise. Ihr erster Gedanke ist die Evolution des Affen zum Menschen, welcher hier als geradliniger Prozess zum Höheren beschrieben wird (Kattmann, 2013).

(A1/121- 157) Frage zur Entwicklung langhalsiger Giraffen. Ich weiß nicht wie die Entwicklung war, das ist jetzt nur eine Idee, aber vielleicht weil das Essen oben war und sie sich mehr strecken mussten oder sowas. Einfach der Hals hat sich verändert. Naja, es geht jedenfalls über Generationen und ich glaub es war bei den meisten Tieren so und nicht nur bei einem. Weil es hatten dann alle dasselbe Problem. Ich glaub es passiert dadurch, dass es ständig hinauf langt, vielleicht wird es (der Hals) dadurch länger. Also vielleicht hat die Giraffe sich gestreckt und dann war schon irgendwas beim Hals und dann hat das Kind die Veränderung vom Knochen geerbt oder so. Aber ich glaub das kann man so nicht sagen.

Dieses Zitat ist für die Vorstellungen von Anna im ersten Interview bezeichnend. Hier kann ganz klar die Denkfigur 1 von Baalman (2004): Gezieltes Adaptives Handeln von Individuen ausgemacht werden. In dieser Aussage vereint sie zwei Konzepte. Zum einen

das Konzept der adaptiven Individuen, wobei sich hier die Giraffe streckt und aktiv größer wird und zum anderen das Konzept der graduellen Anpassung, wonach Änderungen in kleinen Schritten, wie hier das ständige Strecken, zur Veränderung führen (Baalmann et al., 2004). Es kann auch von einer typologischen Vorstellung ausgegangen werden, da Anna denkt, dass sich nicht nur das einzelne Individuum, sondern gleich die gesamte Art verändert; denn wenn alle dasselbe Problem haben, müssen sich auch alle den neuen Bedingungen gleich anpassen (Lammert, 2012). Interessant ist, dass sie gleich zum Ende ihrer Aussage eine gewisse Unzufriedenheit mit ihrem jetzigen Konzept äußert, indem sie meint, dass man es so wahrscheinlich nicht sagen könne.

(A1/158-187) Es kommt darauf an wie groß die Giraffe sein wird, aber wenn die Giraffen gleich groß sind, haben sie auch einen gleichlangen Hals. Aber es ist auch bei uns Menschen so, dass es kleinere und größere Menschen gibt. Es kommt dann immer auch auf die Eltern und so an. Es ist auch beim Menschen so, dass wenn die Eltern klein sind, das Kind auch klein ist. Und das geht auch glaub ich bei den Giraffen so. Ich mein der Unterschied ist nicht groß, aber sie sind nicht genau gleich groß. Es gibt auch irgendein Gen oder so. Naja wenn `s vererbbar ist.

Um die Variation zwischen Individuen zu erklären benutzt Anna wie bereits zuvor ein Beispiel vom Menschen und denkt bereits eine genetische Ebene mit.

(A1/188-211) Wie lange hat Veränderung gedauert? Ich glaub ziemlich lang, also ich glaub eher lang. Das Tier hat sich der Umwelt angepasst. Weil wenn es nur noch hohe Bäume gibt, von denen die fressen können, dann muss sich das Tier auch anpassen, damit es vom neuen Baum essen kann. Ich glaub nicht, dass es das bewusst macht, es streckt sich zwar hinauf, aber es kann ja selbst nicht kontrollieren wie lang der Hals ist.

Hier wechselt Anna zur DF2; die Anpassungsnotwendigkeit für das Tier ist durch die Veränderung der Umweltbedingungen gegeben. Somit muss sich das Tier auch anpassen um überleben zu können (Baalmann et al., 2004).

5.1.2. Ergebnisse aus dem Post-Interview der 4. Klasse von Anna

(A2/23- 51) Es hat sich nur verändert, dass halt eben nur die mit langen Hälsen überlebt haben und wenn dann zwei mit einem langen Hals ein Kind kriegen, dann hat es auch einen langen Hals und weil halt nur die mit langen Hals überleben gab's halt immer mehr mit einem langen Hals und immer weniger mit einem kurzem, weil die mit kurzem halt sterben. Es kommt erstens auf den Lebensraum an und außerdem glaube ich, dass es von Anfang an immer ein paar mit kürzerem und paar mit längerem Hals gibt. Manchmal liegt der Unterschied einfach nur in der Größe, Menschen schauen ja auch alle verschieden aus.

(A2/61-91) Eine Art die sich gut in der Umwelt zurecht findet vermehrt sich. Bei der Züchtung ist es gezielt, also da wählt man zwei Tiere aus. In der Natur wenn's dann nur noch welche mit langem Hals gibt, haben sie ja fast keine andere Möglichkeit. Die langhalsigen überleben und vermehren sich und die kurzhalsigen sterben, weil sie nicht essen können.

Anna zeigt hier in Ansätzen ein essentialistisches Denken und ordnet die Giraffen klar in zwei Kategorien, jene mit langen Hälsen mit den vorteilhaften Merkmalen und jene mit den kurzen Hälsen, welche aufgrund von schlechteren Merkmalen aussterben müssen. Die vorteilhaften Merkmale werden dann an die Nachkommen weitergegeben, eine Koexistenz verschiedener Giraffen wird nach der Veränderung der Umweltbedingungen nicht mehr in Betracht gezogen (van Dijk & Reydon, 2010).

(A2/92-117) Wegen den Genen geht es nicht das alle ganz gleich ausschauen, und wenn man das dann vererbt, dann sieht das Kind wieder ein bisschen anders aus. Weils wahrscheinlich vom Vater und der Mutter ist.

Anna schließt auf Variation durch Vererbung, und auf eine Weitergabe der vorteilhaften Merkmale von Generation zu Generation.

(A2/118-138) Interviewerin fasst Vorstellungen von A im Prä-Interview zusammen Jetzt glaub ich nicht mehr, dass das so geht. Eher glaube ich, dass die anderen Tiere sterben

und das was ich schon vorher gesagt hab. Evolution betrifft die ganze Art. So wie ich es das letzte Mal erklärt habe, hab ich es halt gemacht weil ich es mir nur so erklären konnte.

Für Anna ist nach wie vor eine typologische Denkweise erkennbar, Evolution betrifft somit die gesamte Art und es kann angenommen werden, dass sie mit dem Begriff Population noch nicht so viel anfangen kann. In (A2/42-47) erwähnt die Interviewerin auch explizit diesen Begriff, doch Anna weicht dem mit einem kurzen Ja aus. Generell ist anzumerken, dass dieses Interview recht kurzgehalten war und der Eindruck erweckt wurde, dass Anna sich in einer Prüfungssituation sah. Da sie durch den Unterricht bemerkt hat, dass ihre Erklärungen lückenhaft waren, versucht sie in diesem Interview alles „richtig“ zu sagen und bleibt bei ihren Antworten recht kurz. Sie gibt auch wenig Einblick in ihre Vorstellungen.

5.1.3. Ergebnisse aus dem Prä-Interview der 6. Klasse mit Anna

(22-46) Bei Evolution denke ich hauptsächlich an die Entwicklung vom Menschen, aber eigentlich auch allgemein der Welt.

Spontan assoziiert Anna die Evolution wieder mit der Entwicklung des Menschen und fügt dann noch die Welt als Ganzes hinzu. Auf gezielte Nachfragen, wie sie sich die Entwicklung vorstellt, gibt Anna nach längerem hin und her keine Antwort, vermutlich, um nichts Falsches zu sagen. Eine anthropomorphe Sichtweise ist aber durch diese Assoziation anzunehmen.

In (A3/104-106) wird Anna direkt gefragt was eine Population ist, ihre Antwort fällt sehr schnell und knapp aus. Sie weiß es nicht. In dem weiteren Abschnitt soll sie verschiedene Hasenbilder in Arten, Individuum und Populationen einteilen, hier zeigt sich weiter ihre Verwirrung mit dem Populationsbegriff.

(A3/209-213) Was ist eine Population im Vergleich? Eine Population ist dann vielleicht einfach alle (Anm. alle Arten zusammen)

(A3/327-347) Verändert sich das Individuum für dich ja oder nein? I. fragt nochmals genauer nach, ob sich die Urhasenpopulation im Laufe seines Lebens verändert. Nein die Nachkommen ändern sich. Was ändert sich jetzt genau? Art oder Population? Population oder Teil der Population. So eine Veränderung dauert aber ziemlich lange.

Anna weicht im Laufe dieser Interviewsequenz dem Begriff der Population immer aus und antwortet nur in Bezug auf Population, weil der Begriff von der Interviewerin öfters gefragt und auch verwendet wird. Vor allem muss auch angemerkt sein, dass sich hier im Laufe der vielen Fragen in kurzer Zeit ein fragend entwickelndes Schema entwickelt hat. Die hier in A3/327-347 richtige Antwort war sehr fragend gegeben und durch unsicheres Lachen begleitet.

(A3/382-398) Wie kommt es zu Paarung innerhalb der Gruppe/ Art oder Population? Es passiert nicht zufällig, sie haben diesen Instinkt, dass sie das machen müssen. Sie bilden ja auch extra verschiedene Merkmale aus und sowas, um sich gegenseitig attraktiver zu finden. Braucht es Paarung zur Evolution? Doch! Weil es ohne Paarung überhaupt keine Nachkommen gäbe.

Wie analog in Abschnitt A3/399-441 zeigt Anna hier die DF1. Sie schreibt den Individuen anthropomorphe Eigenschaften zu, wonach sie sich aktiv und intuitiv gesteuert anpassen (Baalmann et al., 2004).

(462-473) Zufall in der Evolution Ja ich glaub relativ viel, weil es beginnt ja schon damit, zum Beispiel welches Männchen sich mit welchem Weibchen paart. Das ist ja nicht irgendwie vorbestimmt, sondern es kommt eben drauf an, welche sich finden.

Anna sieht bei der Findung des Partners Zufall in der Evolution, genetische Aspekte, wie sie schon im zweiten Interview erwähnt hat, werden von ihr hier nicht in Erwägung gezogen.

5.1.4. Ergebnisse aus dem Post-Interview der 6. Klasse mit Anna

(A4/1-6) Evolution bestimmt sich dadurch, dass bestimmte Merkmale in bestimmten Situationen oder bestimmten Lebensräumen benötigt werden.

Anna definiert Evolution durch das Konzept der Anpassungs-Notwendigkeit aus der DF2 von Baalman(2004).

(A4/127-176) Aber warum? Ich denk für das Weibchen ist es so, weil es keinen Sinn machen würde, auffällig zu sein. Es muss schauen, dass es möglichst unauffällig ist, damit es nicht gefressen wird und auf die Kinder aufpassen kann. Das Weibchen muss auch nicht ausgewählt werden, deswegen hätte es für das Weibchen gar keinen Sinn auffällig zu sein und nur ein Risiko zu haben, wenn es den Männern sozusagen eh wurscht ist, wie die Frau aussieht. Female Choice. Die Männchen schauen deshalb auffällig aus, weil sie dadurch mehr Weibchen bekommen. Wenn er trotz besonderer Auffälligkeit dennoch überlebt, bedeutet es, er hat gut Gene. Wenn sich dann das Weibchen mit ihm paart, werden dann hoffentlich auch ihre Nachkommen so vital wie der Vater sein.

Wie auch in (A4/100-126) erklärt Anna den Grund für die Merkmale mit anthropomorphen Erklär-Strukturen. Den Individuen wird hier eindeutig ein Bewusstsein über ihre Lage zugesprochen. Aufgrund der Beschreibung von gezielten anpassenden Handlungen kann hier von Ballmanns (2004) DF1 ausgegangen werden.

(A4/187-218) Witwenvögel mit längerem Schwanz sind erfolgreicher bei der Paarung. Daher wird es durchschnittlich immer mehr geben mit langem Schwanz. Es geht über mehrere Generationen, weil die mit den kürzeren finden ja keine Partnerin und können sich deswegen nicht vermehren. Die mit dem längeren finden schon Partnerinnen und können sich deswegen schon vermehren und haben dann wieder Kinder mit einem längeren Schwanz. Männchen mit kürzerem Schwanz finden nicht so viele und deren Kinder finden dann wieder nicht so viele und im Gegensatz zu denen, die eh schon mehr sind finden auch mehr wieder.

Hier ändert sich Annas Erklärung mit dem neuen Beispiel. Man merkt, dass sie zu bereits bekannten Beispielen immer wieder dieselben Erklärungen findet. Doch beim neuen

Beispiel mit den Witwenvögeln kann sie eine wissenschaftlich korrektere Beschreibung machen.

(A4/290-341) Die Geweihe vom Hirschen entstehen, weil sie damit kämpfen. Der Gewinner im Kampf darf das Weibchen haben, daher haben diejenigen mit einem größeren Geweih einen größeren Vorteil. Das ist dann wahrscheinlich wieder so wie bei den Vögeln. Bei dem einen ist es halt so, dass Tiere mit den entsprechenden Merkmalen sterben müssen, aber ich glaube nicht, dass bei einem Kampf unter Hirschen immer ein Hirsch sterben muss.

Im Anschluss an das Witwenvögel-Beispiel erklärt Anna die Entstehung des Geweihs durch die DF2, wonach eine Adaption als Reaktion auf die Lebensbedingungen des Individuums eintreten. Auch zeigt sich in dieser Aussage, dass die Erklärung von vorhin nicht wirklich gefestigt ist, weil sie jetzt wiederum davon ausgeht, dass Vögel mit kurzem Schwanz sterben müssen. Die essentialistische Sichtweise ist somit nicht zur Gänze abgelegt und taucht bei spontanen Erklärungen sofort wieder auf.

5.1.5. Ergebnisse des Prä-Interviews der 8. Klasse von Anna

(A5/45-59) Wenn ich allgemein Evolution höre, denke ich an relativ viel eigentlich, schon so an das was man in der Schule lernt. Einfach an die Entwicklung vom Menschen, aber nicht nur vom Menschen, allgemein von allem, also Tiere genauso wie Pflanzen.

Anna denkt zwar immer noch in erster Linie an Menschen, doch mittlerweile ist es klar, dass in ihren Vorstellungen auch Tiere und Pflanzen evolvieren.

(A5/60-78) Wenn du Evolutionsprozess beschreiben müsstest: Wahrscheinlich würde ich es anhand eines Beispiels erklären. Tiere entwickeln sich je nach ihren Lebensumständen, und dass sich jetzt dann eben die Tiere von äußerlichen Merkmalen her über einen langen Zeitraum verändern können. Je nach Umwelteinflüssen kommen die mit gewissen Merkmalen besser mit der Umwelt zurecht, sodass diese sich immer weiterentwickeln und die anderen sind nicht in der Lage zu überleben.

Anna hat nach wie vor Probleme den Evolutionsprozess zu erklären, sie deutet zwar an, es anhand eines Beispiels zu erklären, doch sie bleibt dann bei ihrer Erklärung recht allgemein. Sie beschreibt eindeutig eine adaptive Gewöhnung eines Lebewesens an veränderte Umweltbedingungen als Ursache für die lediglich äußeren Veränderungen des Körpers. Sie erwähnt zwar nicht explizit eine willentliche Veränderung des Körpers; dennoch kann von der DF2 nach Baalman (2004) ausgegangen werden, da sie von einer automatischen Anpassung ausgeht. Sie unterscheidet hier lediglich in zwei Gruppen: diejenigen, welche sich anpassen oder bereits gute Merkmale haben und jene, welche es nicht schaffen sich anzupassen und folglich sterben. Später im Interview wiederholt sie genau dieselben Gedankenmuster, doch bezieht sie sich dieses Mal auf die Darwin-Finken. Hier ist interessant zu sehen, dass sich für Anna eindeutig nur Vögel mit bereits vorhandenen, für das Überleben vorteilhaften Merkmalen, weiterentwickeln können, und alle anderen sterben werden. (A5/321-347) [...] *Die waren alle etwas verschieden und manche konnten dann doch das Futter essen und die konnten sich dann weiterentwickeln. Andere nicht. Also nicht selber weiterentwickeln, sondern sie konnten überleben und so ihre Gene weitergeben.* Sie verneint zwar hier eine willentliche Weiterentwicklung der Einzelnen, doch geht sie klar von einer automatischen Anpassung an die Umwelt aus. Denn in ihrer Version der Evolution fehlt die Erklärung für den Zeitpunkt, wann sich genau diese vererbaren Merkmale entwickeln sollten. Hier zeigt sie Analogien zu der beschriebenen lamarckistischen Denkweise, da sie betont, dass Anpassungen der Individuen über Generationen durch allmähliche kleine Veränderungen zur höher entwickelten Art führen. Dies passiert durch die Weitergabe der Gene, auf welchen die Informationen gespeichert werden. Anna mischt im Laufe der Zeit Denkfiguren zusammen. Mit Zunahme des Themas Genetik im Unterricht zeigt sie vermehrt Tendenzen zur DF3. Doch sie führt einen genetischen Aspekt in ihren Erklärungen immer erst am Ende hinzu. Genetik reduziert Anna im Wesentlichen lediglich auf die Vererbung von Merkmalen. Variation war von Anfang an da und kann sich nur durch Paarung anders neu kombinieren.

(A5/450-467) *Also wenn Eltern ein Kind bekommen, kann dieses nie zum Beispiel eine Ohrenausprägung bekommen, welche es in den Elterngenerationen zuvor noch nicht gegeben hat? Nein, ich glaube nicht. Evolution kann also immer nur mit dem arbeiten, was schon in den Eltern drinnen ist? Hätte ich schon gesagt jetzt.*

Anna gibt sich zwar recht wortkarg bei ihrer Antwort, doch die gezielte Nachfrage der Interviewerin fasst Annas Vorstellungen, dass Variationen von Beginn anzutreffen sind, gut zusammen. Diese Vorstellung zieht sich im Allgemeinen durch das gesamte Interview, doch sie wurde von ihr nie wirklich ausformuliert.

Kern ihrer Denkweisen bleiben immer veränderte Umweltbedingungen und typologisches Denken, wie folgendes Zitat veranschaulicht.

(A5/79-109) Es verändert sich die Tierart allgemein. Dadurch das eben alle ein bisschen verschieden sind, haben manche gewisse Merkmale oder gewisse Fähigkeiten, die andere vielleicht nicht haben, die sie brauchen um in dieser Umwelt/ Situation überleben zu können. Die können sich dann eben weiterentwickeln, weil die immer überleben und die, die diese Merkmale nicht haben werden jeweils aussterben. Die Tiere mit den Merkmalen können sich dann durchsetzen und ihre Gene weitergeben.

Anna zeigt immer dieselben Muster bei ihren Antworten. Während man bei den vorherigen Zitaten nur aufgrund ihres typologischen Denkens davon ausgehen konnte, dass sich Anpassungen immer auf die gesamte Art auswirken, sagt sie hier direkt, dass sich immer die gesamte Tierart verändert. Für Anna haben Veränderungen von Individuen damit auch direkte Auswirkungen auf dem Artniveau und nicht in der prozentualen Verteilung der Merkmale auf der Populationsebene. Aus ihren Antworten kann man erkennen, dass sie kein Populationsdenken anwendet, was sich auch bei gezielten Fragen nach der Definition von Populationen bestätigen lässt.

(A5/159-204) Individuen sind für mich Einzelpersonen, aber es geht ja nicht um Personen daher Einzelfälle. Population ist für mich etwas größeres, eine Art ist etwas Abgegrenztes nach gewissen Merkmalen geordnet. [...] (A5/205-232) Eine Art ist eine Tierart, zum Beispiel Hunde und Katzen. Dass sie alle Tiere sind macht sie zur Population. Aber ehrlich gesagt weiß ich jetzt nicht wie man Population genau definiert.

In ihren ersten Ausführungen zum Populationsbegriff zeigt sie, dass sie nicht wirklich weiß, wo sie diesen zwischen Art und Individuum einordnen soll. Sie zeigt hier auch wieder, dass ihre Denkweisen sehr anthropomorph geprägt sind. Ihr erster Gedanke ist sofort an den Menschen, doch sie relativiert diesen gleich und lenkt ihn auch auf Tiere. Pflanzen und Mikroorganismen sind nicht Teil ihrer Erwägungen.

(A5/233-297) Ich hätte jetzt gesagt Population ist eine größere Gruppe und es hängt damit zusammen wo sie ist. Fasst es zusammen mit: eine Population sind verschiedene Arten am selben Ort zusammengefasst. Vielleicht. Tiere ist auch keine Population. Ich weiß es nicht.

Festzustellen ist, dass Anna erst während ihren Antworten über den Begriff Population nachdenkt und diesen nicht definieren kann. Im letzten Zitat erweitert sie ihre Definition um den geografischen Aspekt, welcher der einzig richtige bleibt. In ihren Vorstellungen sind Populationen die Gesamtheit aller Arten an einem Ort. Das kann vielleicht durch die Anlehnung an einen demographischen Populationsbegriff erklärt werden (Rachbauer, 2018).

5.1.6. Ergebnisse des Post-Interviews der 8. Klasse von Anna

(A6/274-305) Im Prinzip wird es immer größer, also ein Individuum ist halt wirklich nur ein einzelnes- also ein einziges Tier, allgemein einEinziges. Alle Populationen sind eben viele Individuen, die zusammengehören, dass sie zum Beispiel am gleichen Ort leben. Art ist dann wirklich nochmal der große Überbegriff, der alle Individuen zusammenfasst von der gleichen Art. Diese Definition vom Begriff Population hab ich vom letzten Interview, aber ich glaube, dass es im Unterricht auch erwähnt wurde und da hab ich mir gedacht aha, das war ja letztens beim Interview.

Nach dem Schuljahr definiert Anna Populationen richtig. Doch zeigt sich auch in dieser Antwortpassage, dass sie noch etwas Probleme mit dem Begriff hat. Denn direkt nach der Definition von einem Individuum geht sie davon aus, dass viele Individuen zu einer Population aufgrund von gemeinsamen Merkmalen zusammengefasst werden. Als gemeinsames Merkmal gibt sie dann denselben Lebensraum an, welcher auch für verschiedene Arten gelten kann. Sie präzisiert zwar den Begriff Population durch ihre Definition des Artbegriffes, doch direkt definiert sie Populationen nicht. Da sie sich auf die Definition vom Prä-Interview bezieht, könnte man annehmen, dass dieser Begriff noch nicht gefestigt ist. Ohne der Vorgabe der Begriffe aufgrund der Mind Map hätte Anna wohl den Begriff Population nicht erwähnt.

(A6/1255-1265) Dass Art und Population nebeneinander liegen, ist eigentlich jetzt mal Zufall, weil es halt einfach hier in der Mitte liegt. Aber ich mein es hat schon was miteinander zu tun. Population ist halt irgendwie ein Teil der Art.

Population war für sie eher ein Hindernis bei der für sie schlüssigen Erstellung der Mind Map. Sie wusste zwar aus dem vorigen Interview, dass die drei Begriffe Individuum, Population und Art zusammengehören, doch so richtig in Beziehung setzen konnte sie diese nicht. Für sie ist Population irgendwie ein Teil der Art, aber definitiv kein Aspekt, welchen sie bei der Erklärung der Evolution berücksichtigt. Obwohl sie Populationen eingangs richtig definiert hat, beziehungsweise innerhalb der drei Arten richtig eingeordnet hat, zeigt sich einige Verwirrung mit dem Begriff.

(A6/740-757) Durch Selektion entstehen ja auch Populationen, weil sonst würden ja nicht Tiere von der gleichen Art eben an verschiedenen Orten der Welt verschieden aussehen. Also ich würde jetzt mal sagen, das liegt daran, dass es verschiedene Arten verschiedene Umwelt- und Lebensbedingungen gibt und dadurch entstehen dann die Populationen. Aber ich hab jetzt schon gesagt, dass dadurch die Artneubildung... Aber wenn's Populationsneubildung heißen würde, dann würde es irgendwie mehr Sinn machen.

Sie denkt, dass Populationen erst durch Selektion ausgelöst durch verschiedene Umweltbedingungen entstehen. Populationen sind demnach eine Einheit, welche erst entstehen muss, und nicht eine Einheit, in welcher Evolution stattfindet.

(A6/489-503) Also aufgrund von Variation haben Individuen verschiedene Voraussetzungen und nachdem entsteht dann eben Selektion und die Artneubildung verhindert eben, dass sie aussterben, weil wenn sie alle immer gleichbleiben würden und sich nicht anpassen würden, dann würden sie irgendwann aussterben. Das soll ja nicht passieren, weil das Ziel ist ja nicht auszusterben. Ich sage jetzt mal, das ist nicht das Individuum, das überlebt, sondern die Art.

Bei Erklärungen bleibt sie beharrlich bei einem anthropomorphen Denken. Sie schreibt den Individuen ein Bewusstsein ihrer Situation zu. Individuen haben demnach eine Art erhaltende Anpassung (DF1) und führen demzufolge Anpassungen durch, um nicht auszusterben.

5.1.7. Die Entwicklung von Annas Vorstellungen

Das Prä-Interview der 4. Klasse ist stark von anthropomorphen Denkweisen durchzogen (A1/ 97-120). Auch verwendet sie die DF1: gezieltes adaptives Handeln von Individuen gepaart mit typologischen Vorstellungen (A1/ 121-157). Im Laufe des Interviews zeigt sie aber zunehmend Unzufriedenheit mit ihren Erklärstrukturen und schweift gegen Ende in die DF2 ab.

Im Post-Interview der 4. Klasse zeigt Anna in Ansätzen ein essentialistisches Denken (A2/61-91)) und teilt Individuen klar in zwei Kategorien, jene mit vorteilhaften und jene mit unvorteilhaften Merkmalen. Nach der erhaltenen Unterrichtssequenz erkennt man einen neuen Aspekt der Evolution in ihren Erklärungen, nämlich die Variation durch Vererbung (A2/ 92-117). Dennoch erkennt man noch immer ein typologisches Denken und Anna nimmt an, dass sich immer die gesamte Art verändert (A2/ 118-138). Mit dem Begriff Population kann sie zu diesem Zeitpunkt noch nicht viel anfangen. (A2/ 118-138) (A2/ 42-47)

Im Prä-Interview der 6. Klasse sagt Anna sehr direkt, dass sie nicht weiß, was der Populationsbegriff ist (A3/ 104-106). Interessanterweise trifft Anna in A3/ 327-347 eine richtige Aussage zu Populationen, doch aufgrund ihrer ausweichenden Antworten und beharrlichem Nachfragen der Interviewerin kann davon ausgegangen werden, dass diese Antwort eher Zufall als Wissen war. Eine generelle Unsicherheit beim Thema zeigt sich auch dadurch, dass sie in A3/ 382-398 und A3/ 399-441 wieder die DF1 für ihre Erklär-Muster heranzieht. Auch berücksichtigt sie keine Genetik mehr in ihren Erklärungen wie bereits in der 4.Klasse (A3/ 462-473).

Im Post-Interview der 6. Klasse zeigt sich wieder eine Veränderung ihrer Vorstellungen durch die Unterrichtssequenz. Gleich eingangs in A4/1-6 verwendet sie die DF2.

Anthropomorphe Denkweisen sind in A4/127-126 und A4/100-126 zu finden, außerdem spricht sie den einzelnen Individuen ein Bewusstsein ihrer Lage zu. Während des Interviews springt sie von der DF1 zu DF2. Auch eine essentialistische Denkweise ist in Ansätzen noch erkennbar.

In der 8. Klasse zeigt Anna gleich zu Beginn eine Ausweitung ihrer Assoziationen zur Evolution, sie denkt zwar immer zuerst an den Menschen, dennoch erwähnt sie mittlerweile auch eindeutig, dass es Evolution auch bei Tieren und Pflanzen gibt (A5/45-59). Dass Umweltbedingungen als sozusagen einzige Ursache für Anna bei der Anpassung gelten, zeigt sie in den Sequenzen A5/60-78, und A5/321-347, im Gegensatz zu den vorherigen Interviews erkennt sie aber die Weitergabe der Merkmale durch die Gene an und zeigt Tendenzen zu der DF3.

Auch im Prä-Interview der 8. Klasse bleiben veränderte Umweltbedingungen und typologisches Denken Kern ihrer Aussagen z.B.: A5/450-467. Aus ihrer Antwort in A5/79-109 zeigt Anna klar, dass Evolution in ihren Vorstellungen direkte Auswirkungen auf dem Artniveau haben und sie keineswegs ein Populationsdenken anwendet. Auch ein Versuch Population zu definieren scheitert in A5/159-204, da sie sich nicht sicher ist, wo sie Population in Zusammenhang mit Art und Individuum einordnen soll.

Ein interessanter Aspekt zum Populationsdenken von Anna zeigt sich in A5/233-297. Hier scheint sie den Populationsbegriff in Anlehnung an den demographischen Populationsbegriff zu interpretieren.

Im Post-Interview der 8. Klasse findet Anna gleich anfangs eine völlig richtige Definition von Population, wobei sie selbst sofort betont, dass diese vom Prä-Interview kommt und sie diese auch im Unterricht wiedererkannt hat. Dennoch bleiben gewisse Unsicherheiten beim Populationsbegriff, und sie hätte ihn wohl nicht erwähnt, wäre er für das Erstellen der Mind Map nicht bereits vorhanden gewesen. Sie hat den Begriff zwar immer wieder in ihre Erklärungen miteingebaut, doch wenn sie Evolution in ihren eigenen Worten beschrieben hat, wurde Population nicht in die Definition integriert.

Selbst die anthropomorphen Denkweisen zeigen sich in diesem Interview noch recht deutlich und ihre Denkweisen lassen sich am besten mit der DF1 beschreiben.

5.2. Analyse der Interviews von Bianca

Bianca wurde für die Interviewstudie ausgewählt, da sie in der Gruppendiskussion kaum naturwissenschaftliche Denkweisen als Problemlösungsstrategien angewendet hat. Grundlegend beschreibt Scheibstock (2014) die Schülerin als interessiert und wissbegierig. Ihr fällt es schwer, Fragen direkt zu beantworten, und sie wird folglich von der Interviewerin oft zurück zur Thematik gebracht.

5.2.1. Ergebnisse des Prä-Interviews der 4. Klasse von Bianca

(B1/105-117) Wenn ich Evolution höre, dann denke ich an die Evolution vom Menschen, eben. Das bedeutet, dass sich der Mensch verändert hat. Also ich glaub jetzt nicht wirklich an die Affen hier, die Theorie eben, nur dass der Mensch eben größer geworden ist, oder kleiner oder älter.

Bianca definiert Evolution anthropomorph. In erster Linie ist für sie Evolution jene Theorie, welche die Entwicklung des Menschen beschreibt. Durch die Andeutung, nicht an die Theorie mit den Affen zu glauben, zeigt Bianca einen Bezug zum Kreationismus. Da sie nur von der allmählichen Veränderung des Menschen ausgeht, kann darauf geschlossen werden, dass für sie alle Arten bereits in irgendeiner Form von Beginn an vorhanden waren.

(B1/139-163) Wie stellst du dir das vor? Naja die Pflanzen haben sich verändert und danach eben die Giraffe. Das geht eben auch so wie der Mensch sich verändert. Man sagt ja auch, dass die Menschen in Zukunft flache Daumen haben werden, wegen dem Handydisplay. Also wenn man sehr gerade ist, dann ist man ja auch ein bisschen größer und das ist auch so irgendwie mit der Giraffe eben so ähnlich. Sie haben sich immer gestreckt und die Kinder auch und dann ging es immer so weiter und dann sind sie irgendwie auch größer geworden. Es verändert sich jeder ein bisschen, die einzelne Giraffe und die ganze Art.

Biancas Denken lässt sich in Baalmanns (2004) DF2 einordnen. Auch hier verwendet sie einen Vergleich zu den Menschen. Die Individuen passen sich einfach durch Reaktionen auf veränderte Umweltbedingungen allmählich an. Durch den wiederholten Prozess der

Streckung sind die Individuen und auch deren Nachkommen größer geworden. Sie macht aber auch keinen Versuch den Mechanismus hinter dieser Anpassung zu erklären, sondern geht einfach davon aus, dass es irgendwie passieren wird. Es zeigt sich auch ganz klar ein typologisches Denken, da sie davon ausgeht, dass sich eben alle ein bisschen anpassen und im Endeffekt die gesamte Art die Veränderung im gleichen Maße durchläuft. Dass sie Variation innerhalb der Populationen als nicht wirklich vorhanden ansieht, zeigt folgendes Zitat.

(B1/181-192) Populationen sind schon unterschiedlich, so ein Mensch der am Nordpol lebt sieht natürlich anders aus, als ein Mensch der in Afrika lebt. Bei Eidechsen einer Art sind alle ein bisschen anders gemustert, damit sie sich besser tarnen können oder so.

Bianca erkennt zwar, dass Variation zwischen Populationen möglich ist. Doch innerhalb von Populationen ist durch ihre vorherigen Aussagen davon auszugehen, dass Variationen, wenn überhaupt vorhanden, lediglich unbedeutend sind; somit wird von ihr der Selektionsprozess nicht verstanden (Lammert, 2012). Sie denkt bei Unterschieden zu Arten innerhalb einer Population auch nur an ein einzelnes Merkmal und führt dieses auf ein Bewusstsein der Individuen zurück. Ansatzweise kann daher von der DF1 nach Baalman (2004) ausgegangen werden. Vor allem hindert Bianca aber die kreationistische Denkweise beim Verstehen oder dem bloßen Akzeptieren von Prozessen der Evolution.

(B1/207-222) [...] Er macht das teilweise auch wenn man denkt, dass der Mensch früher nicht gehen konnte und nur Geräusche von sich geben konnte und jetzt hat er so viel gebaut. [...] Gott ist für all das verantwortlich, aber es ist so schwer zu erklären. Man muss halt schauen, was eben für ein großer Unterschied geworden ist und eben, dass das einfach so gegangen ist und warum. [...]

Denn nach ihren Ausführungen ist nur Gott an der Entwicklung von Organismen beteiligt. Sie kann sich nicht vorstellen, dass Zufall etwas mit der Evolution zu tun haben könnte, denn für sie gibt Gott die Richtung vor. Sie geht von einer geradlinigen und zielgerichteten Entwicklung des Menschen aus, welche von einem höheren Wesen geleitet wird (Kattmann, 2013). Es ist auffallend, dass sie bei allen Dingen, zu welchen sie keine schlüssigen Erklärungen findet, sich aber dennoch fragt wie es zu Stande kommen konnten, Gott als Erklärung einsetzt.

5.2.2. Ergebnisse des Post-Interviews der 4. Klasse von Bianca

(B2/1-23) Durch die Klimabedingungen können ja auch die Bäume größer geworden sein, und dann haben sie sich eben angepasst.[...]

Nach den Unterrichtssequenzen rückt Bianca die Umweltbedingungen in den Mittelpunkt ihrer Erklärungen für die Gründe der Anpassung. Doch vermischt sie auch innerhalb einer gestellten Frage Konzepte von zwei Denkfiguren miteinander. Einleitend verwendet sie das Konzept der adaptiven Gewöhnung an die Lebensbedingungen aus Baalmanns (2004). Im Anschluss daran verdeutlicht sie zwar, dass sie bei den Anpassungen nicht nur an ein einzelnes Individuum denkt, betont aber ihr dichotomes Denken. Sie geht ganz klar von nur lediglich zwei verschiedenen Merkmalen aus. Entweder ist die Giraffe groß und kann überleben, oder sie ist klein und muss sterben.

(B2/1-23) [...] Also die mit den längeren Hälsen haben überlebt, die mit den kürzeren Hälsen sind gestorben. Vielleicht. Die die überlebt haben, haben sich gepaart mit denen, die auch längere Häse hatten und dann immer weiter, und eben die mit den längeren haben immer überlebt und dann irgendwann waren sie genau wie jetzt. Die Kurzhalsigen haben nicht überlebt, weil sie nicht raufgekommen sind.

Mitten in der Aussage relativiert Bianca ihre Annahme, dass alle Individuen mit kurzen Hälsen sofort gestorben sind. Womit man im Anschluss folgern könnte, dass sie den verbliebenen Individuen ein Bewusstsein ihrer Lage zuspricht, und diese sich dann mit dem Ziel, besser angepasst zu sein, nur mit den größeren Individuen paaren.

Jedenfalls benutzt sie das Konzept der graduellen Anpassung der DF1, denn die Anpassung passiert in vielen kleinen Schritten. Doch passend zu ihrer kreationistischen Denkweise geht Bianca von einem zielgerichteten Prozess der Anpassung aus, welcher an einem bestimmten Punkt zu Ende ist. Dass sie hier eine höhere Instanz mitdenkt, verdeutlicht Bianca in ihren Aussagen von B2/185-197 und B2/245-264.

(B2/245-264) Das sind immer so diese Fragen, ob Gott es wirklich so steuert, oder ob es, also man kann es sich dann auch nicht vorstellen, dass es von selbst geht. Also ich glaub

überhaupt nichts ist Zufall. Ich kapier das Wort Zufall irgendwie nicht. Also ich find es komisch, wenn es rein zufällig passiert. Also, wenn du jetzt an jemanden denkst und der ruft dich an. Das ist irgendwie kein Zufall. Der Begriff passt nicht irgendwie da.

Aus ihrer Sicht gibt es keinen Zufall. Sie behauptet nicht explizit, dass Gott alles genau steuert, aber sie zeigt auch deutliche Zweifel an den Faktor Zufall. In diesem Fall bleibt Bianca bei ihrer Rahmentheorie, welche tief verankert zu sein scheint und einen Konzeptwechsel verhindert (Krüger, 2007b, p. 87).

Im Gegensatz dazu verneint Bianca ihre Annahme aus dem Prä-Interview, dass sich Individuen im Laufe des Lebens verändern können.

(B2/119-161) Denkst du noch immer, dass sich Giraffen durch Strecken verändern können? Eher nicht so, weil ich hab ja jetzt schon dazu gelernt. [...] Im Körper kann sich eigentlich nichts verändern, aber wenn man gerade steht, dann ist man automatisch etwas größer. Aber größer kann man nur durch Paarung werden.

Hier hat sie ihre Vorstellungen hinsichtlich einer Veränderung der Organismen während ihres Lebens durch den Unterricht verändert. Das neue Konzept lässt sich gut in ihre alten Denkweisen integrieren. Das alte Konzept konnte glaubhaft widerlegt werden und wird demnach nicht mehr verwendet. Dennoch beschränkt sich Bianca nun nur noch auf einen einzigen möglichen Weg der Anpassung durch Paarung.

Auch hinsichtlich des Populationsdenkens zeigt Bianca, dass dieses noch nicht wirklich entwickelt ist. Im Interview gibt sie zwar keine genauen Angaben darüber, wie sie eine Population definiert, doch zeigt sich sprachlich eindeutig, dass sie diese noch nicht korrekt in ihre Gedanken integriert. Obwohl die Frage zur Variation innerhalb der Art oder Population sehr direkt hingeleitet wurde, antwortet Bianca so, als ob eine Art oder Population nur aus zwei Gruppen bestehen würde, jene mit vorteilhaften und jene mit unvorteilhaften Merkmalen (dichotomes Denken).

(B2/41-50) Die zwei müssen nicht immer die gleiche Farbe haben. Vielleicht sind die einen schon größer, ich weiß nicht, ich kenn mich da nicht so aus.

Sie denkt nach wie vor sehr typologisch, die Unterschiede innerhalb der Individuen sind lediglich marginal. Sie reduziert gedanklich die Variation innerhalb einer Population

lediglich auf zwei Merkmale: Größe und Farbe. Anzumerken ist auch, dass in diesem Interview von der Schülerin niemals der Begriff Population verwendet wurde und nur innerhalb der Fragen hinsichtlich Variation aufgetaucht ist.

(B2/63-99) Giraffenpopulationen in denselben Gebieten haben die gleich lange Hälse? Ja schon möglich. Aber ein paar Millimeter werden sie schon unterschiedlich sein es muss ja nicht ein Meter sein. Aber Unterschiede sind schon da.

Bianca bezieht die Unterschiede nicht auf viele verschiedene Merkmale innerhalb einer Population, sondern nur auf die unterschiedlichen Längen der Hälse. Nach längerem Hinleiten der Interviewerin bekennt sich Bianca zu kleinen Unterschieden innerhalb der Population, doch als wirklich bedeutend sieht sie diese nicht an. Es macht mehr den Eindruck, dass sie Konzepte aus dem Unterricht wiederholt, um eine richtige und zufriedenstellende Antwort zu geben.

Nach Beniermann (2019) spiegelt sich in ihren Antworten eine theistische Denkweise wieder. Für all jene Faktoren der Evolution, zu welchen sie keine Antwort formulieren kann, hat sie gedanklich eine ganz einfache Konstruktion. Sie formuliert in ihren Antworten zwar nie explizit die Momente, wo ein göttliches Wesen eingreift, doch dass diese Eingriffe in Biancas Vorstellungen verankert sind, unterstreicht sie auch im folgenden Zitat.

(B2/185-197) Spielt deiner Meinung nach Gott noch immer eine große Rolle? Ja. Ich glaub jetzt nicht, dass es einfach so zack, zack ging, dass es sich schon langsam entwickelt hat, aber trotzdem. Was er macht ist schwer zu formulieren/ erklären.

5.2.3. Ergebnisse des Prä-Interviews der 6. Klasse von Bianca

Wie sich bereits durch die Aussagen von Bianca aus den Interviews der vierten Klasse erahnen ließ, weiß sie nicht wirklich etwas mit dem Begriff Population anzufangen. Generell hat sie Schwierigkeiten beim Definieren der grundlegenden Begriffe in der Evolutionsbiologie.

(B3/40-242) Art, Individuum und Population, was verstehst du darunter? Art, oder so Rassen würde ich sagen. Eine Gruppe sind mehr so die gezüchteten Hasen die man so als Haustiere. Eine zweite sind die Schneehasen. Was ein Individuum ist, weiß ich eigentlich nicht. Population als Begriff in der Biologie würde ich vielleicht eine Gruppe sagen. Population könnten alle als Gruppe sein, ich glaub es ist gar nicht mal so wichtig welche Art.

Es ist auffallend, dass sie den Begriff Art noch nicht wirklich hinterfragt hat und diesen selbstverständlich verwendet. Einer Definition weicht sie aus. Individuum und Population hat sie wahrscheinlich selbst noch nie verwendet und kann diese nicht beschreiben. Zu Populationen versucht sie aus lebensweltlichen Erfahrungen eine Überleitung zum biologischen Populationsbegriff zu machen. Sie scheitert allerdings daran und sieht Populationen als die Gesamtheit aller Individuen unabhängig von der Art. Bei dieser Erklärung bleibt Bianca auch nach beharrlichem Nachfragen der Interviewerin, obwohl sie innerhalb der Fragen bereits sehr viele Hinweise auf die richtige Definition gegeben hat. Doch obwohl sie Populationen nicht wirklich definieren kann, erklärt sie in diesem Abschnitt den Artbildungsprozess grundlegend richtig.

(B3/257-304) Die zwei Arten sind entstanden, weil wahrscheinlich sich die Vorfahren gespalten haben, sie sind eben woanders hingegangen. Sie haben sich eben verteilt und haben sich unter anderen Umständen anders entwickelt. Schneehasen waren in etwas kälteren Gebieten und vielleicht die weiße Farbe für die Tarnung irgendwie. Also wenn jetzt ein paar Urhasen in kälteren Gebieten waren und sie eben von Feinden gefressen wurden- weil sie eben erkannt wurden, weil sie eben ein dunkles Fell hatten. Da haben eben die überlebt, die mehr weißes Fell hatten und eben immer weiter.

Sie fasst richtig zusammen, dass es immer mehr Hasen mit tendenziell weißerem Fell geben wird, und dass in Folge dessen nach dem Ablauf vieler Generationen die Hasen von der ursprünglich braunen Version sich allmählich in weiße entwickeln. Als Gründe dafür nennt sie die natürliche Selektion, welche durch höheren Druck der Fressfeinde auf die durch ihre Fellfarbe schlechter getarnten Individuen wirkt. Sie lässt hier weitgehend anthropomorphe Erklärungen aus, doch auf die Frage, wie sich die Fellfarbe verändern kann, gibt Bianca eine interessante Antwort.

Während ihrer richtigen Ausführungen widerspricht sich Bianca kurz in den Zeilen B3/295-297 *Hasen mit weißerem Fell haben einfach länger gelebt und es gibt immer welche die über eine längere Zeit dann ein weißeres Fell bekommen. Oder sie haben das Fell einfach gewechselt, das geht auch.*

Hier zeigt Bianca ein eindeutig anthropomorphes Denken. Veränderungen passieren demnach im Laufe eines Lebens, und bedingt durch die längere Lebensdauer können die Hasen mehr weißes Fell entwickeln. Alternativ dazu könnten sie nach Meinung von Bianca auch einfach ihr Fell wechseln. Hier schwenkt sie also eindeutig zu der DF1 zurück. Doch bei diesen Ausführungen wird sie von der Interviewerin unterbrochen und darauf hingewiesen, dass sie dies einfach nicht können. Woraufhin sie ihre vorherige Erklärung, ohne auf die Mechanismen der Veränderung einzugehen, wiederholt. Ohne dieses Detail könnte man aufgrund ihrer Aussagen darauf schließen, dass sie bereits ein Populationsdenken entwickelt hat. Doch ihr Denken ist noch stark anthropomorph geprägt und auf einzelne Individuen fixiert. Der Blick auf die Erklärung eines bereits bekannten Beispiels zeigt, dass sie bei ihren Denkmustern bleibt.

(B3/344-402) Bei Vögeln sind die Weibchen oft sehr braun und unauffälliger, weil sie ja im Nest auf die Eier aufpassen müssen und da brauchen sie solche Federn, damit sie sich besser Tarnen können. Damit sie eben die Eier besser beschützen können. Die Männchen sind auffälliger, weil sie sich fortpflanzen müssen und ja nicht auf die Eier aufpassen müssen. Dadurch beeindruckt sie die Weibchen, welche die Männchen aussuchen. Sie sind so unterschiedlich, weil sie beide verschiedene Aufgaben haben.

Bianca spricht den Individuen menschliche Eigenschaften zu und begründet die Ausbildung von Merkmalen einfach mit einem Bedürfnis zur Anpassung des Individuums, um seine Aufgaben besser erledigen zu können. Sie führt bis dahin nicht wirklich aus, wann neue Merkmale entstehen könnten, doch liegt die Vermutung nahe, dass für sie Zufall nicht beteiligt ist. Hierbei gibt ihre Ausführung zur Entstehung neuer Arten Einblick, wie sie den Faktor Zufall in der Evolution bewertet.

(B3/433-484) Dass unterschiedliche Arten entstehen, also es kann aber nur entstehen, was es auch in den Genen gibt. Es kann sein, dass ein Hase etwas von den Generationen davor hat, aber er kann jetzt nicht plötzlich lila sein. Das gibt es einfach nicht in den Genen. Es ist nicht 100% sicher wie es abläuft, es können schon neue Sachen entstehen aber nicht von

einer Generation auf die andere. Die kommt eben, weil jede Generation eine kleine Veränderung hat und eben auf lange Sicht gesehen, ist es eben eine große Veränderung. Aber es gibt keinen Zufall, es passiert eigentlich nichts zufällig.

Anpassungen, welche während des Lebens entstehen, können dieser Erklärung nach in den Genen gespeichert werden und an die Nachkommen weitervererbt werden. Es kann kein Merkmal generiert werden, welches nicht schon zuvor bei den Vorfahren in irgendeiner Weise in den Genen gespeichert war. Wenn sie davon spricht, dass es nicht zu 100% sicher ist wie es abläuft, kann angenommen werden, dass sie wie analog aus (B2/185-197) ein höheres Wesen für die Erklärung von nicht im Wissensschatz vorhandenen Faktoren herangezogen wird. Die genetische Ebene wird zwar mitangesprochen, aber die einzige Funktion hierbei ist die Vererbung von kleinen Veränderungen, welche sich im Laufe des Lebens einer jeden Generation entwickeln. Dies steht im direkten Widerspruch zu ihren eigenen Aussagen aus (B2/119-161) worin sie behauptet, jetzt nicht mehr an Veränderungen im Laufe eines Lebens zu glauben. Doch veranschaulicht dies deutlich, dass SchülerInnen Schwierigkeiten haben die Selektion als einen Prozess anzusehen, welcher in zwei Schritten verläuft; zuerst Mutation und Rekombination, die dann die erforderliche Variation für die Selektion bereitstellt (Kattmann, 2016). Bianca zeigt auch genau dieses Problem, dass sie lediglich einen Prozess der Beiden wahrnimmt und Mutation und Rekombination nicht mitberücksichtigt. Sie schließt in ihrer Denkweise folglich darauf, dass Variation nur während des Lebens eines Individuums generiert werden kann.

Anschließend betont Bianca selbst, dass Zufall in der Evolution nichts verloren hat. Dies ist dem kreationistischen bzw. teleologischen Denkens geschuldet, denn es kann ja nichts zufällig sein, wenn Gott im Grunde genommen der Auslöser für gewisse, für sie unerklärliche Dinge ist.

Abweichend von Johannsen et. al. (2005) sieht Bianca trotz ihres teleologischen Denkens in der Evolution keinen zielgerichteten Prozess. Worin sie ihr Denken im Vergleich zu B2/1-23, B2/185-197 und B2/245-264 verändert hat.

(B3/502-531) Evolution gibt es auch heute noch. Sie wird nicht aufhören, außer es wird durch irgendwas zerstört. Pflanzen, Bakterien entwickeln sich auch immer weiter. Die Umstände spielen aber auch eine wichtige Rolle, Klimabedingungen, aber das soziale Umfeld kann auch irgendwie eine Rolle spielen. Ja, Zeit- Zeit spielt eben eine Rolle.

Dieser Umstand ist wahrscheinlich dem bereits erfahrenen Unterricht zum Thema Evolution geschuldet. Außerdem erkennt sie auch an, dass alle Lebewesen ständig evolvieren und dieser Prozess nur durch eine Zerstörung durch „irgendetwas“ gestoppt werden könne. Nach ihrer Meinung hat jedenfalls ein höheres „Wesen“ die Kontrolle.

5.2.4. Ergebnisse des Post-Interviews der 6. Klasse von Bianca

Nach den Unterrichtsinterventionen in der 6. Klasse fällt auf, dass Bianca ihren Fokus vermehrt auf die genetische Ebene der Evolution legt. Neu in ihren Ausführungen ist der Aspekt der Rekombination, allerdings erwähnt sie auch jetzt noch keine Mutationen als Quelle neuer Varianten.

(B4/19-58) Entwicklung von Merkmalen? Es passiert über einen längeren Zeitraum verschiedene Individuen treffen aufeinander. Durchmischung, Vererbung, vielleicht Umwelt hängen damit zusammen. Wie? Viele Tiere bekommen ja im Winter einen dickeren Pelz und dann verlieren sie ihn wieder. Es kommt eben der durch, der besser angepasst ist, derjenige hat die bessere Möglichkeit zu überleben.

Wie auch bereits in den Interviews zuvor erwähnt Bianca die Umwelt als treibenden Faktor für die Evolution, doch in dem Moment, wo sie neue Denkweisen miteinbezieht, ist sie sich nicht ganz sicher, ob diese auch mit den genetischen Prozessen in Zusammenhang stehen. Durch die Miteinbeziehung des genetischen Aspektes kann hier vom Konzept „Gendominanz durch Anpasstheit“ nach Baalman (2004) ausgegangen werden. Im Laufe des Interviews vermischt sie aber auch Konzepte der DF1 und der DF3 miteinander.

(B4/59-127) Die Paarung von zwei verschiedenen Individuen und die Weitergabe von Genen ist die Grundlage von Vererbung. Die Gene bewirken eben auch eine Veränderung. Durch Selektion, wenn zum Beispiel das Weibchen den Partner auswählt. Wer wen auswählt kommt auf die Tierart an, aber bei den Vögeln ist es glaub ich meistens das Weibchen. Es wählt sich halt den Partner mit den besten Merkmalen aus, vielleicht denkt das Weibchen eben, dass es einfach nur die besten Gene für die Jungen haben will. Damit sie bessere Chancen zum Überleben haben.

Obwohl Bianca genetische Aspekte miteinbringt, sind ihre Überlegungen nicht so differenziert wie in DF3 beschrieben. Vielmehr beschreibt sie eine „absichtsvolle Anpassung“ der Individuen, da sie sich gezielt mit jenen Partnern kreuzen, welche die besseren Gene haben, um für die Nachkommen eine bessere Überlebenschance zu sichern. Diese Denkweise wäre in der DF1 zu verorten. Vor allem der Schwenk zu einer anthropomorphen Denkweise am Ende des Zitates zeigt, dass sie bei genauerem Nachdenken über Erklärungen wieder in alte Denkfiguren zurückfällt, was auch das folgende Zitat über den Sexualdimorphismus von Stockenten verdeutlicht.

(B4/128-157) Weil eben das Weibchen auch die Eier ausbrütet und deswegen braucht es auch eine bessere Tarnung, um nicht von Fressfeinden gesehen zu werden und das Männchen ist eben auffälliger von den Farben her, um die Weibchen auf sich aufmerksam zu machen.

Diese Antwort scheint so sehr gefestigt, dass diese im Grunde genommen ident zu B3/433-484 ist.

In diesem Interview finden sich kaum Hinweise auf Biancas Populationsdenken. Lediglich bei der Erörterung zu dem Beispiel der Schwanzfedern zeigt sie immer wieder in ihren Erklärungen, dass sie Veränderungen nicht innerhalb einer Population verortet, sondern nur an einem Individuum, welches somit Einfluss auf die gesamte Art hat. Nach einiger Zeit kommt die Interviewerin auf dieses Diagramm zurück und fragt, worauf sie ihre Erklärungen bezogen hat.

(B4/382-408) Nochmals zu den Witwenvögel. Zeigt Diagramm und fragt um wen geht es hier jetzt? Die zwei Vögel? Ja? Die stehen für mehrere Vögel jeweils. Mmmh. Ja.

Bianca antwortet in beiden Fällen sehr unsicher und zeigt mit dem ersten ja, dass sie in ihren Erklärungen definitiv von nur zwei Individuen ausgegangen ist. Denn als die Interviewerin klarstellt, dass es sich hierbei um mehrere Vögel handelt, zögert sie und bejaht dies sehr unsicher. In diesem Fall hat sie sich bestimmt auch von der Abbildung verwirren lassen, doch kann auch davon ausgegangen werden, dass sie bis jetzt noch kein wirkliches Verständnis für den Populationsbegriff entwickelt hat.

(409-418) In der nächsten Generation wird's nicht viel anders sein, nur eben, dass es immer noch weniger mit kürzeren Schwanzfedern gibt. Aber in einer Generation ändert sich nicht alles. Das ändert sich auf eine ganz lange Zeitspanne- über ganz viele Jahre.

Diese Aussage steht zwar im direkten Konflikt mit der vorangegangenen Interpretation und könnte bereits als Populationsdenken eingestuft werden, doch hier erklärt die Interviewerin sehr viel bezüglich Populationen im Diagramm. Außerdem implementiert sie direkt mit der Frage eine richtige Antwort.

5.2.5. Ergebnisse des Prä-Interviews der 8. Klasse von Bianca

(B5/45-55) Wie würdest du Evolution erklären? Also, dass im Laufe der Jahre zum Beispiel der Mensch sich aufgrund der Umwelt und auch dem sozialen Umfeld verändert hat. Also die Entwicklung des Menschen in einem Zeitraum.

Auch noch zu Beginn der 8. Klasse sind Biancas erste Assoziationen zur Evolution auf den Menschen gerichtet. Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen finden keine Erwähnung. Bei der Definition von Populationen kann sich Bianca zu Beginn anscheinend an das letzte Interview erinnern und benennt den Begriff zuerst richtig, um dann im Zusammenhang mit einem konkreten Beispiel wieder eine falsche Definition wie in (B3/40-242) zu konstruieren.

(B5/65-92) Art, Individuum, Population? Ich würd' Art für das Ganze nehmen. Population sind ganz große Gruppen innerhalb der Art und Individuum halt ein Teil von den einzelnen Populationen.

(B5/93-109), (B5/110-117) [...] Population muss aber nicht wirklich was mit Art zu tun haben. Es ist einfach eine Menge von... (B5/118-145) Population ist schon eher so eine Zusammenfassung und darunter kann es dann wieder verschiedene Arten geben und daraus dann halt einzelne Individuen. Population wäre eine Zusammenfassung von Arten.

Sobald ein konkretes Beispiel angegeben ist, sieht Bianca Populationen sofort wieder als eine Zusammenfassung von verschiedenen Arten, welche im selben Areal leben. Sie verbindet kaum die unterschiedlichen Erkenntnisse, welche durch das jeweilige Beispiel näher erläutert werden sollen. Es wirkt, als ob sie jedes konkrete Beispiel als eine

Art Mathematikaufgabe mit einem bestimmten Lösungsweg sieht. Sind einmal die richtigen „Variablen“, gefunden wendet sie diese für die Lösung des gesamten Beispiels an.

(B5/146-215) Also wenn man einen größeren Zeitraum annimmt verändern sich Tiere immer. Je nachdem, durch die äußeren Einflüsse von der Natur. Durch Kälte werden es sicher weniger. Ob sie überleben hängt davon ab, ob sie halt genug zu fressen finden, ob sie jetzt zum Beispiel in der Nähe von Menschen leben. Da haben sie sicher höhere Chancen zu überleben. Es überlebt immer nur ein Teil, die die Fressen finden. Manche Mäuse leben halt wo, wo sie eher Fressen finden und manche halt eher nicht.

In diesem konkreten Fall, wo sie die ständige Veränderung der Tierwelt anhand von Mäusen beschreibt, ist wiederum die Natur der wichtigste Faktor für die Veränderung. Das Nahrungsangebot wird von ihr als Hauptfaktor der natürlichen Selektion identifiziert, und daraus konstruiert sie dann ihre Theorie. Neue Aspekte in den Erklärungen werden von Bianca nur durch Nachfragen der Interviewerin in den Erklärungsstrang integriert.

(B5/239-297) Haben Mäuse alle die komplett gleiche DNA? Es funktioniert sicher auch gleich wie bei den Menschen, es werden sicher auch von Generationen Gene weitergegeben. Die haben sicher alle ein bisschen verschiedene DNA. Das ist einfach mit jeder Tierart so, man hat einfach unterschiedliche Gene. Auch wenn sie Geschwister wären hätten sie nicht die gleiche Kombination von Genen, wegen der Neukombination der Gene. Beim Klatschmohn sind alle ident, denn Pflanzen sind schon alle ident. Sie sehen halt trotzdem ein wenig anders aus, denn halt doch die Natur. Aber trotzdem das sind alles Kopien.

Wenn sie dann, wie im konkreten Beispiel, ihre Erklärungen in Richtung von ihr noch nicht gefestigtem Wissen lenken soll, beginnt sie Parallelen zu den Menschen zu suchen. Sie erklärt die Variation innerhalb der Individuen gleich wie in (B4/59-127). Nur Paarung kann Variation erzeugen. Auch lassen sich dieselben Muster erkennen, worin sie die DF1 mit der der DF3 verbindet. Dieses Dilemma zeigt sich bei Bianca in diesem Interview noch genauer.

(B5/392-415) Genetisch entscheidet es die Maus nicht selber, dass sie sich anpasst. Ob sie jetzt zum Beispiel in der Nähe von Menschen lebt, das ist ja ob das die Mäuse bewusst entscheiden. Ja klar entscheidet die Maus ob sie jetzt Fressen bekommen wird oder nicht, natürlich wird sie dort hingehen wo sie mehr Fressen bekommt. Der Anpassungsvorgang ist schon etwas bewusst, weil halt viele Mäuse in der Nähe von Menschen leben.

Sie spricht den Mäusen eindeutig anthropomorphes Verhalten zu, indem sie sich bewusst für einen vorteilhaften Ort entscheiden um bessere Überlebenschancen zu haben. In ihren Vorstellungen waren zuerst die Menschen da und dann kamen die Mäuse, dass dieser Prozess gemeinsam abgelaufen ist, wäre keine Option für sie. Sie meint zwar zu Beginn der Aussage, dass die genetische Anpassung nicht bewusst gemacht wird, räumt aber dann ein, dass schon ein gewisser Faktor an bewusstem Handeln miteinzubeziehen ist.

5.2.6. Ergebnisse des Post-Interviews der 8. Klasse von Bianca

(B6/207-211) Art/ Population Das hatten wir ja auch beim letzten Interview. Ich bin mir jetzt zwar nicht sicher, aber ich glaube Art ist der größere Begriff. Es gibt ja eine Art und darunter gibt es halt Populationen.

Wie bereits im vorigen Interview unter (B5/65-92) zu finden definiert Bianca Population im ersten Moment richtig, um dann ihre Meinung schrittweise zu ändern. Wie in anderen Bereichen auch versucht sie auch den Begriff Population mit Alltagserfahrungen in Einklang zu bringen und Parallelen zum Menschen zu ziehen.

(B6/758-773) Was ist eine Art für dich? Also der Hase ist eine Art und darunter finden sich halt mehrere Gruppen. Aber ich verwechsle das immer, wenn ich zum Beispiel an den Menschen denke - die Leben alle in einer Stadt und dann gibt es verschiedene Ethnien-Gruppen. Naja es ist schwer. Ich würd' sagen alle Populationen gehören zu einer bestimmten Art. Alle zusammen ergeben eine Art.

In dieser Aussage bleibt ihre Definition zu Population in den Grundzügen richtig, doch findet sich auch hier der Hinweis darauf, warum sie unsicher wird. Ihre erste Assoziation zum Thema Population ist eindeutig im Zusammenhang mit einer Stadtpopulation zu

setzen. Im Zuge dessen sieht sie als Population alle Einwohner, welche in der Stadt leben, egal woher sie kommen. Das ist auch richtig so. Der Punkt, an dem sie scheitert, ist, dass sie gedanklich Menschen mit unterschiedlicher Herkunft mit verschiedenen Arten verwechselt.

(B6/774-818) Was grenzt Populationen ab? Das kommt vielleicht auf die Tierart an, zum Beispiel Wölfe leben in einem Rudel obwohl Populationen könnte man auch meinen. Wenn man sagt die Vogelpopulation in Österreich, dann meint man ja auch alle Vögel- egal aus welcher Art. Obwohl muss nicht sein- keine Ahnung. Population ist eine Gruppe von Tieren einfach in einer gewissen Zone.

Ein weiteres Problem beim Verständnis des Populationsbegriffes ergibt sich für Bianca auch aus dem Begriff Vogelpopulation in Österreich. Es könnte sein, dass sie zum Beispiel einen Bericht verfolgt hat, bei dem es sich um die Anzahl der Vögel in Österreich gehandelt hatte. In diesem Bericht könnte der Begriff Vogelpopulation vorgekommen sein, was im Zusammenhang mit dem Populationsbegriff, welche in der Evolutionstheorie berücksichtigt wird, eine Unsicherheit bei Bianca auslöst, und sie in Folge dessen Population als eine Gruppe von Tieren in einem gewissen abgegrenzten Gebiet definiert. Am Ende des Interviews zeigt Bianca klar, dass sie für den Begriff Population immer zwei mögliche Varianten denkt.

(B6/1645-1652) Also in einer Art findet sich eine Population, aber es kann vielleicht auch mehrere Arten in einer Population geben. Eine Population besteht aus mehreren Individuen. Die haben verbindende Merkmale und Ähnlichkeiten. Diese haben sie mit anderen Individuen in der Population gemeinsam.

Bei der zweiten Variante, dass innerhalb von Populationen auch mehrere Arten miteinbegriffen sind, ist sie sich allerdings nicht mehr so sicher wie in B5/93-109, B5/110-117. Sie verwendet ein „vielleicht“ und drückt damit ihre Unsicherheit aus. Sie erklärt aber dann die Variation wieder nicht auf dem Populationslevel, sondern auf dem Artniveau.

(B6/1653-1659) Sie haben aber auch Unterschiede und sind also vielfältig. Variation. In einer Art gibt es selber Vielfalt und Variation. Die Individuen betreiben Fortpflanzung, was

eine Partnerwahl erfordert. Da gibt es die künstliche und die sexuelle Selektion. Bei der natürlichen gibt es Geschlechtsverkehr, bei der künstlichen nicht.

Es ist anzunehmen, dass sie nicht verinnerlicht hat, dass Evolution auf dem Populationslevel zu Tragen kommt.

5.2.7. Die Entwicklung von Biancas Vorstellungen

Im Prä-Interview der 4. Klasse beschreibt Bianca Evolution auch mit anthropomorphen Vorstellungen. Bianca neigt dazu, nur dem Menschen die Fähigkeit zur Evolution zuzuschreiben und zeigt gleichzeitig kreationistische Erklärungen. In (B1/105-117) finden sich Hinweise für die DF2, aber auch ein typologisches Denken. Kurz darauf erkennt sie zwar, dass Variation zwischen Populationen möglich ist, denkt aber bei den Unterschieden lediglich an ein einzelnes Merkmal (B1/181-192). Auch in dieser Aussage ist ersichtlich, dass ihre kreationistischen Denkweisen einem korrekten Verstehen oder Akzeptieren der Evolution im Wege stehen, was sie in (B1/207-222) verdeutlicht. Gott wird von ihr als Grund für alles Unerklärliche eingesetzt.

Im Post-Interview der 4. Klasse zeigt sich ein Fokuswechsel auf Umweltbedingungen als evolutionsrelevante Faktoren durch den erfahrenen Unterricht. Eingangs verwendet sie die DF2, doch betont auch gleichzeitig ein dichotomes Denken. Innerhalb ihrer Aussage vermischt sie die DF1 mit DF2. Wie beim Prä-Interview zeigt Bianca eine kreationistische Denkweise und geht von einem zielgerichteten Prozess von Anpassung aus (B2/1-23). Dies untermauert sie auch in B2/185-197 und B2/245-264; demnach gibt es keinen Zufall in der Evolution und ein höheres Wesen wird einfach mitgedacht.

In B2/119-161 zeigt sich, dass Bianca ihre Vorstellungen hinsichtlich der Veränderung von Organismen durch den Unterricht verändert hat, diese Veränderung beschränkt sich aber lediglich auf einen Aspekt, der Anpassung durch Paarung. In dieser Aussage zeigt sich auch, dass Bianca noch kein Populationsdenken entwickelt hat. Auch in B2/41-50 zeigt sie typologisches Denken und verdeutlicht, dass Variation innerhalb der Population für sie lediglich auf zwei Merkmale reduziert ist. Biancas Aussagen bezüglich Variation innerhalb von Populationen haben wenig Gewicht für eine Interpretation, da sie teilweise sehr stark von der Interviewerin hingeführt wird. Dies zeigt sich zum Beispiel in B2/185-197, wo sie

dezidiert ihre theistische Denkweise betont und von den vorhin erzielten Interviewaussagen wieder abrückt.

Im Prä-Interview der 6. Klasse zeigt sich in B3/40-242, dass Bianca den Begriff Art selbstverständlich benutzt, ohne diesen jemals wirklich hinterfragt zu haben. Populationen definiert sie hier als die Gesamtheit aller Individuen unabhängig der Art. Im Laufe des Interviews fasst Bianca den Artbildungsprozess richtig zusammen (B3/257-304), doch widerspricht sie sich selbst innerhalb dieser Aussage (B3/295-297). Hier zeigt sie ein ausgeprägtes anthropomorphes Denken (auch in: B3/344-402) und fällt zurück zur DF1. In B3/433-484 widerspricht sie sich vollkommen im Vergleich zu B2/119-161, wo sie betont, nicht an die Veränderung im Laufe des Lebens zu glauben. In B3/502-531 verdeutlicht sie zwar, dass Evolution nicht aufhören wird, zeigt aber gleichzeitig hartnäckige kreationistische Vorstellungen.

Auch Bianca legt nach der Unterrichtssequenz in der 6. Klasse im Post-Interview den Fokus vermehrt auf die genetische Ebene der Evolution, die Umwelt wird aber nach wie vor als der treibende Faktor wahrgenommen. Im Laufe des Interviews vermischt sie auch immer wieder die DF1 mit der DF3. Letztere beschreibt sie allerdings nicht so differenziert, sondern beschreibt eine absichtsvolle Anpassung. In B4/59-127 zeigt sie deutlich, dass sie zwar neuen Denkweisen Raum bietet, aber im Laufe von Erklärungen zurück zu einer anthropomorphen Vorstellung kommt und am ehesten die DF1 abbildet.

Während dieses Interviews finden sich kaum Hinweise auf Biancas Populationsdenken, doch aus ihren Aussagen wird deutlich, dass sie Veränderungen nicht innerhalb einer Population, sondern nur an einem Individuum verortet (B4/128-157).

Im Prä-Interview der 8. Klasse definiert Bianca Population richtig, doch in Zusammenhang mit einem konkreten Beispiel konstruiert sie wieder eine falsche Definition (B5/65-92), (B5/93-109), (B5/110-117). Mit einem konkreten Beispiel ist eine Population für Bianca immer wieder eine Zusammenfassung von verschiedenen Arten im selben Areal.

In B5/146-215 findet sich abermals die Natur als wichtigster Faktor für Veränderung, andere neue Aspekte finden nur durch Implementieren der Interviewerin den Weg in Biancas Erklärungen.

In B5/392-415 zeigt sie wiederum anthropomorphe Denkweisen und schreibt Individuen einen gewissen Faktor an bewusstem Handeln im Evolutionsprozess zu.

Das Post-Interview der 8. Klasse beginnt ähnlich wie das Prä-Interview. Zu Beginn definiert sie Population richtig und ändert dann schrittweise ihre Meinung. Für einige Verwirrung sorgt hier der Vergleich zu einer Stadtpopulation (B6/758-773), was in Folge (B6/774-818) zu einer inkorrekten Definition einer Population als eine Gruppe von Tieren in einer gewissen Zone führt.

B6/1645-1652 zeigt, dass sie sich bei dieser Definition nicht mehr ganz so sicher ist wie in B5/93-109 und B5/110-117, was auf einen allmählichen Konzeptwechsel hindeuten könnte.

5.3. Analyse der Interviews von Claudia

Claudia wird in den Analysen von Scheibstock als „eine Querdenkerin auf Sinnsuche“ (Scheibstock, 2014, p. 103) bezeichnet. Sie beschreibt die geführten Interviews als sehr lebhaft und interessant. Im Laufe der Interviews bekommt man allerdings öfters den Eindruck, dass Claudia etwas genervt ist und nur widerwillig antwortet. Auf Nachfragen der Interviewerin antwortet sie meist knapp und bleibt auch bei offensichtlichen Hinweisen auf richtige Theorien beharrlich bei ihren Denkweisen. Im Gegensatz zu Anna und Bianca formuliert sie aber ihre Gedanken meist ausführlich aus, was einen guten Einblick in ihre Vorstellungen ermöglicht. Die Dauer der Interviews ist, vor allem ab der 6. Klasse, im Vergleich zu den beiden anderen Schülerinnen kontinuierlich kürzer. Man bemerkt, dass Claudia und die Interviewerin nicht unbedingt einen Draht zueinander finden. Dennoch ist in den Interviews durchwegs viel Information enthalten, da Claudia ihre Gedanken auch gut verbalisiert.

5.3.1. Ergebnisse des Prä-Interviews der 4. Klasse von Claudia

(C1/11-30) Sieht Bild u.A. mit Dinosauriern im Vergleich zu Illustration aus Jetztzeit. Hier fallen mir Dinosaurier auf, es ist eine Urzeit, zu der wir Menschen noch nicht gelebt haben. Die Tiere gibt's heute nicht mehr, aber ich glaub man könnte sie sogar nachzüchten. Ich hab da drüber was gelesen, oder nein es war im Film Jurassic Park [...]

Claudia verdeutlicht gleich in der Eingangsfrage, dass Alltagsvorstellungen von SchülerInnen stark von lebensweltlichen Erfahrungen beziehungsweise von den Medien abhängen (Labudde, 2013). Sie kann nicht wirklich zwischen Fiktion und Realität unterscheiden.

Evolution ist für sie aber auch schon jetzt ein stetig ablaufender Prozess, welcher nicht abgeschlossen ist und immer weiter geht.

(C1/54-70) Die Erde hat sich im Laufe der Zeit sicher verändert, früher gab es mehr Natur. [...] Ich glaube die Erde verändert sich immer weiter, es bleibt nicht stehen. Vielleicht gab es früher mehr Pflanzenarten als heute, oder umgekehrt. Also es kommen immer neue Sachen heraus.

Wie für Claudia neue Merkmale entstehen, erläutert sie anhand der Entwicklung der Giraffen.

(C1/97-120) Naja, die haben glaub ich irgendwie, weil das Futter, sie fressen glaub ich nur bestimmte Blätter. Vielleicht haben sie sich ja auch auf die Blätter von Bäumen spezialisiert. Vielleicht denken sie: „Auf den Bäumen finden wir mehr.“, oder weil die Bäume immer höher werden und dann denken sie: „...Ja, okay, jetzt muss ich mich anpassen“ und dann werden sie höher. Sie sagen jetzt nicht selber, dass sie höher werden, aber sie wissen, dass sie höher werden müssen.

Claudia verwendet in ihren Ausführungen eine sehr anthropomorphe Ausdrucksweise. Sie versetzt sich gedanklich in die Lage der Giraffe und spricht direkt mögliche Gedanken der Giraffen an. Sie spricht ihnen ein Bewusstsein zu, um willentlich eine Veränderung einzuleiten, und verwendet Konzepte aus Baalmanns (Baalmann et al., 2004) DF1, das Konzept der „Anpassungs-Intension“ und das Konzept der „Anpassungs-Erkenntnis“.

Sie spricht in der Mehrzahl über die Veränderungen der Giraffen. Dies zeigt, dass sie hier nicht nur an die Anpassung einzelner Individuen denkt.

(C1/133-144) Verändert sich das Individuum oder eine ganze Art? Vielleicht ist einer anders, oder denkt sich, oder merkt. Es merken aber alle irgendwie, aber der eine denkt sich das und reißt die anderen irgendwie mit. Auf jeden Fall verändert sich eine ganze Art nicht nur eines, weil es gibt kaum welche mit kurzen Hälsen bei den Giraffen.

Die Anpassungserkenntnis gilt für Claudia nicht nur für einzelne Individuen, sondern für die gesamte Art. Es kann klar von einer typologischen Denkweise ausgegangen werden, da Anpassungserkenntnis und auch Anpassungen die gesamte Art betreffen und alle Merkmale zur gleichen Zeit im selben Ausmaß an allen Individuen eintreffen (Lammert, 2012). Dieselben Muster verfolgt Claudia in (C1/214-223) bei ihren Erklärungen zu Pflanzen, mit der kleinen Anmerkung, dass es bei Pflanzen nicht so extreme Veränderungen geben kann, weil sie keine Augen haben, um zu sehen. In einer weiteren Aussage verwendet sie noch zusätzlich das Konzept der DF1, die „Art erhaltende Anpassung“ verwendet Claudia in (C1/150-159). *Zuerst verändert sich die Erde und dann die Arten, weil sie ja überleben wollen. Das ist wie bei den Menschen, am Nordpol ist es kalt. Da wird man ja auch dickere Jacken produzieren, damit man dort nicht so friert. Also man passt sich an.*

Dieses Konzept belegt sie mit einem Beispiel zum Menschen und verdeutlicht, dass sie stark anthropomorphe Denkweisen hat.

(C1/231-242) Also ich glaub schon, dass der Mensch vom Affen abstammt, also nicht, dass Adam und Eva zuerst auf der Welt waren. Aber Gott, oder irgendwas muss doch das Wetter beeinflussen. Vielleicht ist er das, es kann nicht einfach sein, dass es morgen kühl oder warm ist. Das muss ja auch irgendwer machen. Also macht er auch irgendwas mit der Evolution? Ja.

Claudia widerspricht nicht vehement der Evolutionstheorie und vertritt nicht die Schöpfungstheorie. Sie verdeutlicht aber eine theistische Denkweise, wo ein höheres Wesen, hier explizit Gott, direkt in die Evolution eingreift, indem er bewusst eingreift und unter anderem Umweltsituationen steuert (Beniermann, 2019).

5.3.2. Ergebnisse des Post-Interviews der 4. Klasse von Claudia

Claudia zeigte im Prä-Interview eine kreationistische Denkweise, worin sie Gott als treibende Kraft in der Entwicklung versteht. Auffallend ist, dass sie nach den Unterrichtssequenzen Gott nicht mehr erwähnt, aber stattdessen als Synonym die Natur

verwendet. Sie setzt immer als Grund der Veränderung den Begriff Natur ein, welche nach C1/231-242 ihrer Meinung nach direkt von Gott beeinflusst ist.

(C2/19-53) Es verändert sich die Natur und mit der Natur verändern sich auch die Tiere. Es verändert sich aber eigentlich immer nur die nächste Generation, wenn sie sich paaren, weil sie dann immer größer werden. Sie muss jetzt nicht unbedingt größer werden, aber sie werden auf jeden Fall nicht kürzer, weil wenn zwei mit etwas längeren Hälsen sich paaren, dann wird das entweder genau so lang oder kürzer. Kleinere gibt es ja keine mehr, weil die alle ausgestorben sind, weil sie nichts mehr essen konnten.

Im Gegensatz zum Prä-Interview sieht Claudia nur noch die Paarung als möglichen Weg um größer zu werden. Eine analoge Erklärung findet sie in C2/104-126. Da durch eine Paarung von gleich großen keine kleineren Individuen entstehen können, so muss es im Laufe der Zeit zwangsläufig zu größeren Individuen kommen, da die Natur bereits alle kleineren ausselektiert hat. Ein Wachstum des Halses im Laufe eines Lebens verneint sie auch hier explizit. In Ansätzen zeigt auch Claudia eine essentialistische Denkweise, sie teilt die Giraffen in zwei Gruppen ein, mit langen Hälsen und kurzen Hälsen. Jene mit den kurzen Hälsen werden von der Natur ausselektiert.

(C2/127-140) Sie paaren sich nicht freiwillig mit den Großen, denn sie haben ja keine andere Wahl, wenn sie sich paaren wollen und da die Auswahl beschränkt ist, müssen sie jemanden von dort nehmen der noch existiert.

(C2/172-194) Weil sich die Natur ändert und die Natur sucht das so zusagen aus, also die Natur bestimmt das.

In ihren Vorstellungen akzeptiert Claudia die Evolutionstheorie kaum, sondern macht durch die Natur indirekt Gott für Veränderungen verantwortlich.

5.3.3. Ergebnisse des Prä-Interviews der 6. Klasse von Claudia

Claudias Assoziationen zur Evolution knüpfen an ihre Vorstellungen aus der 4. Klasse an. Sie erwähnt zwar Genetik, doch bleiben im Grunde ihre Annahmen und anthropomorphen Ausdrucksweisen ähnlich.

(C3/14-28) Wir hatten auch bei der Genetik etwas, dass man im Grunde genommen versucht, sich an die veränderten Umweltbedingungen anzupassen. Spontan im Alltag würde ich so was in die Richtung Veränderungen sagen. Bezogen auf Mensch, Tiere, Umwelt.

Claudia deutet hier bereits an, dass sie Anpassung als einen bewussten Prozess des Organismus oder des Individuums ansieht, bezieht diese aber auch in erster Linie auf Menschen und Tiere. Im Kontext ihrer bisherigen erhobenen Vorstellungen sieht sie die Umwelt als Auslöser und Grund der Veränderung und nicht als einen Teil, welcher den Mechanismen der Evolution unterliegt. Nähere Einblicke, wie Claudia den Ablauf dieser Anpassung sieht, erläutert sie am Beispiel der Entwicklung von Schneehasen und Feldhasen.

(C3/195-219) Jedes Individuum unterscheidet sich immer ein bisschen von den anderen Tieren, und um dann quasi rein weiße Jungen zu bekommen, paaren sich dann im Laufe der Zeit immer Hasen, die weißer sind als ihre Artgenossen und das geht immer so lange weiter, bis dann irgendwann ein ganz rein weißer Hase entsteht. Und bei denen (Feldhasen) ist es dann so, dass sich immer zwei dunklere Hasen Paaren, die Jungen paaren sich dann wieder mit einem dunkleren Hasen und das geht dann immer endlos so weiter. Also wenn sich die Umweltbedingungen ändern, dann ist das einfach ein Vorteil für die einzelnen Individuen, um ihre Fitness zu sichern- also um das Weiterbestehen der Art zu sichern, dass sie eben schauen, dass sich ein heller Hase mit einem hellen Hasen paart, wenn es jetzt praktisch ist, um nicht gefressen zu werden und sich im Schnee tarnen zu können.

Sie zeigt hier innerhalb dieser Aussage, dass sie von einem gezielten adaptiven Handeln von Lebewesen ausgeht. Sie fasst die exakt gleichen Aussagen in C3/278-292 auch noch einmal allgemein zusammen, ohne ein konkretes Beispiel zu nennen. Die Variation innerhalb der Art ist der Ausgangspunkt und macht die Änderungen erst möglich. Sie kombiniert alle Konzepte aus Baalmanns (2004) DF1. Im Laufe des Interviews verneint sie eine bewusste Anpassung der Individuen. *(C3/268-277)[...] Das Individuum passt sich nicht bewusst selbst an, das macht im Grunde genommen die Natur.* Die Natur, welche Claudia als Synonym für Gott verwendet, macht die Anpassung und Individuen können

nicht anders handeln um fortbestehen zu können. Die Feststellung, dass Tiere keine bewussten Handlungen durchführen, um sich anzupassen, ist offensichtlich eher der Fragestellung der Interviewerin geschuldet als der wirklichen Vorstellungen der Schülerin. Claudia passt ihre Antwort lediglich kurz an, um später wieder direkt zurück zur vorherigen Version zu kommen.

(C3/306-329) Also ich meine, die Tiere können meistens auch denken und ich meine die merken ja auch, dass sich die Umwelt verändert und die begreifen das natürlich und schauen, dass sie vielleicht einen Partner finden... [...] Mittels Paarung möchten sie, dass die nächste Generation noch angepasster ist und sie möchten ihre Gene weitergeben und dass diese Gene eben nie verschwinden. Teilweise machen sie das bewusst, teilweise unbewusst, weil die Natur auch die Finger im Spiel hat.

Diese Vorstellung ist stark gefestigt. Endpunkt ihrer Erklärungen ist immer wieder die Natur. Ihre kreationistischen Vorstellungen hindern sie stark an der Akzeptanz und dem Begreifen der biologischen Evolution. Betrachtet man noch einmal die Aussagen aus C3/195-219, so kann auch keineswegs ein Populationsdenken angenommen werden. Sie spricht hier eindeutig von einzelnen Individuen und deren Nachkommen, welche dann die gesamte Art verändern. Selbst die Definition von Populationen gelingt ihr nicht.

(C3/117-125) Population ist glaub ich das Gesamte. Quasi alle, das ist dann quasi nochmal der Überbegriff von Art. Wenn man das unterteilen würde, dann wäre es: Population, Art und Individuum.

5.3.4. Ergebnisse des Post-Interviews der 6. Klasse von Claudia

Die Vorstellungen zur Evolution erscheinen bei Claudia sehr gefestigt und zeigen auch nach dem Unterricht der 6. Klasse keine wirklichen Veränderungen.

(C4/1-9) Evolution/ Entwicklung lässt sich dadurch erklären, dass sich die Umwelt verändert, dass sich die Tiere dann der Umwelt anpassen müssen, damit sie weiterleben bzw. weiterleben können. Eben bestimmte Merkmale auszuprägen, wie zum Beispiel, wenn

es vorteilhaft ist lange Schwanzfedern zu haben, dann versuchen sie im Laufe der Jahre lange Schwanzfedern zu haben.

Die Evolution ist demnach ein gezieltes adaptives Handeln einzelner Individuen, um sich an die geänderten Umweltbedingungen anzupassen. Sie verwendet dieselbe Struktur um alle Beispiele aus dem Unterricht zu erklären, egal, ob Birkenspanner aus C4/266-281, Sexualdimorphismus von Stockenten aus C4/86-104 oder Entstehung verschiedener Hasenarten aus C4/282-288, ihre Vorstellungen lassen sich mit folgendem Zitat zusammenfassen.

(C4/10-33) Machen sie das bewusst? Nein nicht wirklich. Es gibt ja zwei Arten. Es kann ja auch sein, dass die Natur ausselektiert, dann liegt es nicht in der Hand dieses Lebewesens. Aber sollte es wirklich bewusst sein, könnte es ja auch sein, dass die Tiere gezielt einen Partner suchen, der genau diese Merkmale hat. Also ich weiß nicht ob diese Tiere soweit denken, aber so, dass ihre Nachkommen dann besser an die Umwelt angepasst sind. Also es gibt einerseits die natürliche Selektion, also von der Natur aus definiert.

Anpassungen passieren in ihren Vorstellungen nicht bewusst, weil sie ja von der Natur implementiert werden. Aber dann spricht sie den Organismen immer ein Bewusstsein zu um durch gezielte Partnerwahl die Art zu verändern um im Anschluss besser angepasst zu sein.

Als einzig neuer Aspekt in ihren Ausführungen lässt sich die Aufnahme von genetischen Begriffen beobachten.

(C4/86-104) Diese Merkmale prägen sich dann, also werden immer dominanter im Laufe der Evolution. Die ganzen Paarungsprozesse von Generation zu Generation und dann entstehen so zwei verschiedene, würde ich sagen.

Die Vorversion der Erklärung bleibt gleich und die durch Paarung neu entstandenen Merkmale werden dann im Laufe von Generationen immer dominanter. Unvorteilhafte Merkmale werden rezessiv und verschwinden allmählich. Wie bereits mehrmals betont, fällt es Claudia schwer wissenschaftliche Theorien in ihr bestehendes, kreationistisch geprägtes Weltbild einzubauen, was ihr Verständnis hindert. Die Verwendung von neuen Begriffen kann nicht als Erweiterung ihrer Vorstellungen betrachtet werden, sondern

vielmehr beschreibt sie dieselben Vorstellungen mit anderen Worten, welche sie im Unterricht gelernt hat.

5.3.5. Ergebnisse des Prä-Interviews der 8. Klasse von Claudia

Claudia verwendet wieder ähnliche Erklärungen wie in den Jahren zuvor. Allerdings ist es auffällig, dass sie mittlerweile nicht mehr direkte Gedanken von Tieren anspricht und nur noch über die Natur spricht, als ob diese Veränderungen bewusst implementiert.

(C5/36-62) Evolution ist quasi die Anpassung von Lebewesen an ihre Umwelt und das geschieht meist über viele Generationen. Also die Anpassung in Bezug auf ihren Körperbau, oder auf die Voraussetzungen, die sie mitbringen. Wenn eben die Umwelt sagt es ist besser ein dunkleres oder helleres Fell zu haben, dass eben die Farbe sich da so anpasst. Die Fellfarbe passt sich an die Umwelt an. Das geschieht meist über mehrere Generationen, denn die Natur selektiert ja von sich schon aus. Also jene, die eher ein sehr auffälliges Fell haben und das in dieser Umgebung hinderlich ist, werden dann wahrscheinlich eher gefressen. So können sie sich nur mit Individuen paaren, die von Natur aus ein unauffälligeres Fell haben. Das geht bei den Nachkommen dann so weiter.

Obwohl Claudia in der Natur immer noch an den Einfluss eines höheren Wesens denkt, merkt man eine gewisse Hinwendung zu einem Populationsdenken. Der Unterrichtsinhalt der 6. Klasse scheint nach den zwei Jahren Pause besser in die Vorstellungswelt aufgenommen zu sein als direkt nach den Unterrichtseinheiten. Sie spricht bei den Selektionsprozessen nicht mehr von einzelnen Individuen, sondern davon, dass in einer Population jene mit einem auffälligeren Fell eher gefressen werden. Sie präzisiert ihre Ausführungen später im Interview näher.

(C5/308-330) Kann in jeder Population Evolution stattfinden? Könnte schon, ja. Wenn sich zum Beispiel erstmal die Umwelt ändert, es ist zum Beispiel besser, wenn ihr Muster nicht zu auffällig ist, weil in der Nähe plötzlich viele Fressfeinde kommen. Dann werden die auf jeden Fall zuerst gefressen, die ein sehr auffälliges Muster haben und dann können sich mehr mit unauffälligem Muster paaren.

Auch hier kann man eine essentialistische Denkweise erkennen, doch ist in ihrem Denken dennoch ein großer Fortschritt in Richtung korrekter Vorstellungen zu beobachten.

Auffällige werden zwar eher gefressen, doch es ist nicht zwangsläufig so zu interpretieren, dass sie meint, alle mit auffälligem Fell würden sofort sterben. Eher würden sich mehrere mit unauffälligem Fell paaren und so die Population allmählich ändern.

Den Begriff Population erklärt Claudia anhand von Hunderassen genau (C5/92-141) und lang, fasst dann aber kurz zusammen und gibt auch gleich im Anschluss darauf einen Hinweis, wie sie zu der Definition gekommen ist.

(C5/160-184) Art ist auf jeden Fall viel weiter gefasst, mehr ein Überbegriff. Population könnte ich mir vorstellen, dass es auch örtlich eingeschränkt ist, also auf ein gewisses Gebiet oder Fläche. Während Art universal ist, also es ist nicht so stark eingeschränkt. Das hab' ich mir selbst hergeleitet, im Unterricht haben wir das in letzter Zeit nicht gemacht und nicht, dass ich mich daran erinnern würde.

Sie hat sich diese Definition selbst hergeleitet. Woher der Einfluss gekommen ist, kann schwer genau eruiert werden, aber in den Interviews wurden viele Hinweise darauf gegeben und sie erzählt auch zu Beginn des Interviews, vielleicht etwas in Richtung „Biological Engineering“ studieren zu wollen. Wenn jemand Interesse an solch einem Studium bekundet, könnte es durchaus möglich sein, dass sie sich in ihrer Freizeit mit Biologie beschäftigt hat. Auch wenn sie Populationen mittlerweile richtig einordnen kann, zeigt sie auch, dass sie verschiedene Mechanismen der Evolution nicht miteinander verbinden kann. Auffällig ist auch, dass sie weitgehend versucht genetische Aspekte in der Evolution in ihren Erklärungen zu vermeiden. So spricht sie diese nur einmal explizit an.

(C5/63-91) Die Evolution wird äußerlich zwar von der Natur beeinflusst, geschieht aber trotzdem auf genetischer Ebene. Wenn sich Männchen und Weibchen paaren, dann kommt es zu einer Durchmischung der zwei Genome des Erbmaterials und daraus entsteht dann eben ein neues Individuum.

Variation kann also nur bei der Durchmischung der Gene von Vater und Mutter entstehen, die Nachkommen mit der neuen Variation sind dann direkt der natürlichen Selektion ausgesetzt. Mutationen sind in diesem Fall nicht Teil der Erklärung und werden erst durch die Interviewerin angesprochen.

(C5/386-408) Tragen Mutagene Veränderungen zur Evolution bei? (lange Erklärung der I.) Ich würde schon sagen, dass sich das (auf) die Evolution auswirkt, aber vielleicht nicht weitreichend. Also es kommt darauf an, wenn die Population abgeschottet ist und keinen wirklichen Zugang zu den restlichen Populationen hat, dann wird diese Evolution nur innerhalb dieser Population passieren.

Sie spricht richtig an, dass Mutationen nur innerhalb von Populationen Einfluss auf die Evolution dieser haben, solange die Population direkt von anderen abgegrenzt ist.

5.3.6. Ergebnisse des Post-Interviews der 8. Klasse von Claudia

Die Erstellung der Mind Map war bei Claudia um ein Vielfaches kürzer als bei den anderen Schülerinnen. Wenn man bedenkt, dass für die erste Mind Map zum Thema Sport und Ernährung bei allen Schülern rund eine halbe Stunde gedauert hat, dann hat Claudia im Vergleich zu Anna nur die halbe Zeit für die Mind Map zum Thema Evolution gebraucht und im Vergleich zu Bianca gar nur ein Drittel der Zeit.

Populationen definiert Claudia auch hier wieder gleich wie im Post-Interview.

(C6/406-422) Individuum gehört vielleicht einer Population an, muss es nicht, aber könnte. Die Art ist größer als die Population. Innerhalb der Population gibt es Unterschiede bei den Merkmalen, das heißt es gibt hier Variation und Vielfalt.

Warum sie meint, Individuen gehören vielleicht nicht zu Populationen, erklärt sie im Interview nicht genauer. Diese Definition von Population gibt Claudia allerdings schnell und ohne zu zögern, was zeigt, dass sie sich sehr sicher darüber ist. Grundsätzlich erkennt sie die Unterschiedlichkeit von Individuen innerhalb einer Population an und sieht diese als Voraussetzung für die Artneubildung.

(C6/467-484) Artneubildung- über mehrere Generationen, über lange Zeiträume können durch Vielfalt und Variation sich neue Arten ausbilden. Also das sind alles Voraussetzungen dafür.

Nur bei der natürlichen Selektion lassen sich noch recht eindeutig alte kreationistisch/theistische Denkmuster erkennen, weil sie meint, die Natur greift irgendwie in diese ein.

(C6/485-491) Natürliche Selektion ist vielleicht die Veränderung von Umweltbedingungen, eben dass die Natur irgendwie in die Evolution eingreift.

In Grundzügen zeigt Claudia immer noch einen leichten Hang zum Theismus, allerdings ist dieser bereits erkennbar abgeschwächer vorhanden als in den Jahren zuvor. Genetik ist nach wie vor ein Thema, bei dem sie der Frage weitgehend ausweicht. Selektion wird von ihr nach wie vor als bewusster Prozess und sehr vereinfacht dargestellt.

(C6/742-750) Sexuelle Selektion ist eine instinktive oder vielleicht auch eine bewusste Entscheidung. Also die Entscheidung mit wem er sich fortpflanzt.

Claudia tendiert quer durch die Interviews dazu ihre Vorstellungen durch direkte Zitate, wie Tiere denken würden, zu untermauern. Dies wird tendenziell zwar in den Interviews der 8. Klasse weniger, doch man merkt in ihren Formulierungen, dass sie noch immer im Gedanken diese Konstrukte baut und lediglich nicht mehr ausspricht.

(C6/1172-1182) Du hast gesagt Individuen verfolgen das Ziel sich fortzupflanzen. Ja das hört sich an, als ob das bewusst gemacht wird. Aber ich meinte eh, dass vielleicht das Bedürfnis auch verspürt, irgendwie sich fortzupflanzen. Also es ist nicht so, dass das Tier denkt, ah jetzt wär's gut einen Partner zu finden, sondern das passiert halt.

Nachdem die Interviewerin Claudia auf ihre Formulierungen direkt anspricht, korrigiert sie die Aussage. Man kann deutlich erkennen, dass sie mitten in der Akkomodation ist und sich in einer Zwischenstufe zwischen zwei Konzepten befindet ((Labudde, 2013) (Lampert et al., 2018, p. 12)).

5.3.7. Die Entwicklung von Claudias Vorstellungen

Im Prä-Interview der 4. Klasse verdeutlicht Claudia bereits zu Beginn, dass Evolution für sie kein abgeschlossener Prozess ist und immer weiter geht (C1/54-70). Claudia verwendet eine sehr anthropomorphe Ausdrucksweise (C1/97-120), (C1/133-144), (C1/231-242) und bedient sich zugleich der DF1. In C1/231-242 verdeutlicht sie eine theistische Denkweise, wo Gott in die Evolution eingreift und Umweltsituationen steuert.

Im Post-Interview verdeutlicht sie wiederum ihre kreationistische Denkweise - sie erwähnt Gott zwar nicht mehr direkt, nimmt aber die Natur als Synonym für Gott in ihren Erklärungen (C2/19-53).

In diesem Interview sieht Claudia nur noch die Paarung als möglichen Weg zur Veränderung. Auch sie teilt Populationen in zwei Gruppen ein und zieht dabei lediglich ein Merkmal heran.

Im Prä-Interview der 6. Klasse zeigt Claudia, dass sie Anpassung als bewussten Prozess des Individuums ansieht und bleibt somit bei der DF1 (C3/14-28), (C3/195-219), (C3/278-292). In C3/268-277, C3/306-329 nennt sie abermals die Natur als eigentlichen Grund für Anpassung. Ihre kreationistischen Vorstellungen hindern sie an der Akzeptanz und dem Begreifen der Evolution. Im Laufe ihrer Aussagen spricht sie eindeutig von einzelnen Individuen, welche sich anpassen und in der Folge die gesamte Art verändern. Von einem Populationsdenken kann somit nicht ausgegangen werden, zumal auch die Definition zu Populationen nicht gelingt (C3/117-125).

Im Post-Interview der 6. Klasse untermauert Claudia ihren Hang zur DF1 in (C4/266-281), (C4/86-104), (C4/282-288) und (C4/10-33). Sie widerspricht sich allerdings immer wieder. Demnach sagt sie zwar, Anpassungen passieren nicht bewusst, spricht dann aber wieder Organismen ein Bewusstsein zu, da sie ihrer Meinung nach Partnerwahl gezielt vornehmen, um die Art zu verändern.

Der einzig neue Aspekt sind genetische Begriffe, welche in die Erklärung mit eingebaut wurden, aber nicht auf eine Erweiterung ihrer Vorstellungen schließen lassen. Nach wie vor zeigt sie starke kreationistische Züge.

Im Prä-Interview der 8. Klasse spricht Claudia „Gedanken“ von Tieren nicht mehr so direkt an wie in den Jahren zuvor, sieht die Natur aber immer noch als den maßgeblichen Faktor, der bewusst für Veränderung sorgt (C5/36-62).

Dennoch kann man eine gewisse Hinwendung zum Populationsdenken erkennen. In C3/308-330, C5/160-184 macht sie eine richtige Definition zu Population und untermauert diese mit konkreten Beispielen. Selbst die Rolle von Mutationen bewertet sie in C5/386-408 richtig, allerdings ist dieser Erklärung von Claudia eine lange Erklärung der Interviewerin voraus gegangen.

Das Erstellen der Mind Map im Post Interview in der 8. Klasse hat bei Claudia signifikant kürzer gedauert als bei den beiden anderen Schülerinnen. Sie findet aber auch hier wieder die gleichen richtigen Definitionen zu Population (C6/406-422), grundsätzlich erkennt sie Unterschiede zwischen den Individuen innerhalb einer Population an.

Lediglich bei Erklärungen zur natürlichen Selektion fällt Claudia beharrlich zurück zu alten theistischen Denkweisen und schreibt nur der Natur eine tragende Rolle bei Veränderungsprozessen zu. Diese theistische Denkweise ist aber nicht mehr so stark ausgeprägt wie in den Jahren zuvor (C6/467-484), (C6/485-491).

Eine weitere Parallele zu den Vorinterviews ist Claudias Meinung, dass sexuelle Selektion eine instinktive oder gar eine bewusste Entscheidung der involvierten Individuen ist (C6/742-750). Auf Nachfrage der Interviewerin betont sie aber genau das Gegenteil gemeint zu haben. Das kann stimmen, aber kann durch ihre Aussagen quer durch die Jahre nicht durchgängig validiert werden. Vielmehr macht es den Anschein, dass sie im Gedanken noch immer in alten Strukturen denkt und diese in der 8.Klasse nur nicht so unverblümt ausspricht. Jedenfalls kann ein Lernprozess beobachtet werden (C6/1172-1182).

5.4. Geteilte Vorstellungen der SchülerInnen

5.4.1. Geteilte Vorstellungen 4. Klasse

Alle drei SchülerInnen zeigen im Prä-Interview anthropomorphe Denkweisen.

Die DF 1 verwenden alle drei SchülerInnen in Ansätzen für ihre Erklärungen. Lediglich Bianca zeigt zu Beginn Tendenzen zur DF2, um dann gegen Ende des Prä-Interviews zu DF1 zu wechseln.

Theistische bzw. kreationistische Denkweisen finden sich explizit nur bei Bianca und Claudia.

Im Post-Interview ist die einzige Übereinstimmung zwischen allen dreien ein dichotomes Denken.

Bianca und Claudia zeigen im Post-Interview in unterschiedlicher Ausprägung theistische Denkweisen.

5.4.2. Geteilte Vorstellungen 6. Klasse

Im Prä-Interview zeigen alle SchülerInnen ein nicht vorhandenes Populationsdenken, wobei angemerkt werden muss, dass Anna die einzige ist, welche teilweise richtige Aussagen zu dem Thema macht und daher über Ansätze in der Entwicklung eines Populationsdenken spekuliert werden können.

Alle drei SchülerInnen fallen in diesem Interviewblock zurück zur DF1, nur Anna schwenkt zwischen der DF1 und der DF2.

Kreationistische Denkweisen ziehen sich wiederum durch die Interviews von Bianca und Claudia.

Im Post-Interview kann als Gemeinsamkeit der Fokus auf die Verwendung von genetischen Vokabeln erkannt werden, was sich höchstwahrscheinlich aus dem Unterrichtsinput ergeben hat.

5.4.3. Geteilte Vorstellungen 8. Klasse

Im Prä-Interview sehen alle drei SchülerInnen die Natur als wichtigsten und auch teilweise einzigen treibenden Faktor in der Evolution.

Im Post-Interview zeigen die drei SchülerInnen keine eindeutigen Gemeinsamkeiten mehr. Die Vorstellungen sind relativ differenziert.

6. Diskussion

Vorstellungen von SchülerInnen zur Evolution sind von Alltagsvorstellungen durchzogen und unterscheiden sich nicht selten von der wissenschaftlich korrekten fachlichen Vorstellung. Die Arbeit beschäftigt sich daher mit der Entstehung von Alltagsvorstellungen und gibt darüber hinaus einen Überblick über gängige Alltagsvorstellungen von SchülerInnen zur Evolutionstheorie.

Da für die grundlegende Definition von Evolution der Begriff Population unabdingbar ist, wird hier diesem Begriff eine zentrale Rolle beigemessen. Es sollte herausgefunden werden, wie SchülerInnen im Laufe einer Schullaufbahn ihr Verständnis zur Evolution entwickeln und insbesondere, ob und wie sich das Populationsdenken manifestiert.

Es ist auffallend, dass die SchülerInnen größere Probleme haben die Gesamtheit der Evolutionstheorie zu erfassen und dazu neigen ihre Alltagsvorstellungen mit dem vorhandenen Wissen zu mischen (Krüger, 2007a, p. 82). In der 4. Klasse teilen alle drei SchülerInnen anthropomorphe Vorstellungen, gegen Ende der 8. Klasse erkennen sie allmählich Evolution als universellen Mechanismus. Von einem vollständigen und fachlich korrekten Verständnis sind alle drei aber auch in der 8. Klasse noch weit entfernt. Dennoch wurden während der Auswertungen zwei wichtige Punkte für ein verbessertes Verständnis von Evolution ersichtlich: Zum einen, wie schon Weitzel und Gropengießer (2009) postulierten, dass ein Gesamtverständnis der Evolution nicht ohne genetisches Vorwissen - insbesondere zur Rolle von Mutationen - erreicht werden kann. Das Thema findet sich zwar schon in der vierten Klasse im Zusammenhang mit Mendel und Vererbung und in der fünften Klasse im Zusammenhang mit Mitose & Meiose, doch scheint nach Auswertung der Interviews dieser Lehrplanpunkt bei den Probandinnen von diesem Unterrichtsstoff

kaum etwas zum richtigen Verständnis der Evolution beigetragen zu haben. Die Interviewstudie dieser Arbeit bestätigt, dass erst allmählich in der 6. Klasse die Genetik in die Vorstellungen integriert wird und dadurch ein eklatanter Sprung im Verständnis zu beobachten ist, auch wenn die Ergebnisse noch große Wissenslücken in der Genetik offenbaren. Zum anderen hat die Studie gezeigt, dass SchülerInnen den Populationsbegriff nicht definieren oder gar in der Evolutionstheorie anwenden können. Da das Populationsdenken essentiell für die Evolutionstheorie ist, sollte dieser Begriff bereits ganz zu Beginn geklärt werden und in der Gedankenwelt der SchülerInnen verinnerlicht sein, noch bevor die Evolutionstheorie eingeführt wird. Im alten AHS-Oberstufenlehrplan, welcher noch bis September 2018 gültig war, fand sich das Stichwort Evolution erst in der 8. Klasse und Population findet nicht einmal Erwähnung. Im neuen Lehrplan der AHS Oberstufe, welcher kompetenzorientiert aufgebaut ist, findet sich der Terminus Population bereits explizit. Auch die Fähigkeit biologische Phänomene im Zusammenhang mit der Evolution zu erklären, ist als Basiskompetenz beschrieben.

Wie Wäger (2017) bereits erhoben hat, ist die Situation in österreichischen Schulbüchern in dieser Hinsicht nicht zufriedenstellend. Der Begriff Population findet sich äußerst selten und wird zudem teilweise falsch dargestellt.

Zwei ProbandInnen dieser Studie unterliegen dem gleichen Missverständnis zum biologischen Populationsbegriff und verwenden zur Erklärung der Evolution einen demographischen Populationsbegriff, was die Vermutung zulässt, dass sie im diesen Geographieunterricht vermittelt bekommen haben und ihn dann auch in der Biologie anwenden (Rachbauer, 2018). Da die SchülerInnen vor allem in der 4. Klasse eine starke Tendenz zu einem anthropomorphen Denken zeigen, passt der demographische Populationsbegriff gut in ihre Alltagsvorstellungen und hindert so offensichtlich das Verständnis von Evolution.

Für den Unterricht ergibt sich dadurch eine wichtige Schlussfolgerung. Das bloße - wenn auch selbstverständliche - Verwenden eines Fachbegriffes in einer SchülerInnenerklärung lässt nicht automatisch Rückschlüsse auf das Verständnis von ebendiesem in einem neuen Kontext zu.

Um den fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Wissensstand schneller in die Schule zu bringen, empfiehlt die Nationale Akademie der Naturwissenschaften Leopoldina (2017) Unterrichtsmaterialien abseits des klassischen Schulbuches zu verwenden, da bei diesen nicht dieselbe Aktualität gewährleistet werden kann wie bei Fachzeitschriften oder online Portalen (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, 2017).

Eine sinnhafte mögliche Strukturierung für evolutionsbezogenen Unterricht findet sich in einem Interview mit Neil Shubin (Willman, 2021). Zu allererst muss geklärt werden, dass Evolution nicht gottgesteuert ist und ein zufälliger- lang ablaufender Prozess ist. Wie bereits oben erwähnt, sollten hier gleich zu Beginn Unterschiede und Zusammenhänge von Art/ Individuum/ Population erörtert werden. Danach könnte anhand eines Missing Links, wie zum Beispiel des erst kürzlich entdeckten Fossils *Tiktaalik roseae*, die Entstehung des Tier-Lebens am Land thematisiert werden. Wichtig dabei ist auch den SchülerInnen näher zu bringen, mit welchen Methoden hierbei die Wissenschaft bei ihren Erklärungen vorgeht, um ein besseres Verständnis zu fördern. So kommt es zwangsläufig auf einen Fokus auf Genetik und vor allem auch auf Viren. Denn viele Abschnitte unserer DNA sind lediglich daher vorhanden, weil in der Vergangenheit Viren und Bakterien im Körper aufgenommen wurden, und deren Baupläne weiterverwendet wurden. Shubin findet eine einprägsame Metapher hierfür: „*Die Natur ist ein fauler Fälscher*“ (Willman, 2021). Damit meint er, dass Gene viel später für einen anderen Zweck verwendet werden können. Als Beispiel gibt er hier die Gene an, welche für den Körperbau einer Fliege verantwortlich waren und jetzt beim Aufbau der Gliedmaßen von Menschen verwendet werden (Willman, 2021).

Besonders wichtig ist, in der Schule zu betonen, dass die Evolution kein abgeschlossener Prozess ist und auch durch den Menschen und seinen modernen Technologien beeinflusst wird, denn Selektionsprozesse sind heute andere als noch in der Steinzeit (Willman, 2021). In jedem Fall sollten „trockene“ Fakten zur Evolution immer mit einem Beispiel, welches nahe an den lebensweltlichen Erfahrungen der Kinder ist, untermauert werden, damit ein Conceptual Change leichter stattfinden kann.

7. Literaturverzeichnis

- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung - Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7-28, 272 K.
- Beniermann, A. (2019). *Evolution – von Akzeptanz und Zweifeln: Empirische Studien über Einstellungen zu Evolution und Bewusstsein*. Wiesbaden.
- Berck, K.-H., & Graf, D. (2018). *Biologiedidaktik : Grundlagen und Methoden* (5., aktualisierte Auflage. ed.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
- Bowler, P. J. (1997). *Viewegs Geschichte der Umweltwissenschaften : ein Bild der Naturgeschichte unserer Erde*. Braunschweig [u.a.]: Vieweg.
- Brennecke, J. S. (2014). *Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung – qualitative Studien als Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten*. Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.
- Darwin, C. (1872). *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London.
- Dreesmann, D., Graf, D., & Witte, K. H. (2012). *Evolutionsbiologie: Moderne Themen für den Unterricht*. Heidelberg.
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1994). *Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive: Ludwig-Maximilians-Univ., Inst. für Pädag. Psychologie und Empir. Pädagogik*.
- Graf, D., & Hamdorf, E. (2012). Evolution Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In D. C. Dreesmann, D. Graf, & K. Witte (Eds.), *Evolutionsbiologie: Moderne Themen für den Unterricht* (pp. 25-41). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156-175. doi:10.1007/s12052-009-0128-1
- Gropengießer, H. (2005). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr- und Lernforschung In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Eds.), *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse* (pp. 172-189). Weinheim, Basel: Beltz.
- Ha, M., & Nehm, R. H. (2014). Darwin's Difficulties and Students' Struggles with Trait Loss: Cognitive-Historical Parallelisms in Evolutionary Explanation. *Science & Education*, 23(5), 1051-1074. doi:10.1007/s11191-013-9626-1
- Hamann, M., & Asshoff, R. (2017). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht : Ursachen für Lernschwierigkeiten* (3. Auflage. ed.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Harms, U., & Reiss, M. (2019). *Evolution Education Re-considered Understanding What Works*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland Ag.
- Hoßfeld, U., & Olson, L. H. (2014). *Charles Darwin: Zur Evolution der Arten und zur Entwicklung der Erder. Frühe Schriften zur Evolutionstheorie*. (Vol. 2). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Johannsen-Eichhorn, M., & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 14(1), 23-48. Retrieved from <http://zdb.uni-bielefeld.de/index.php/zdb/issue/view/30>

- Kampourakis, K. (2020). Students' "teleological misconceptions" in evolution education: why the underlying design stance, not teleology per se, is the problem. *Evolution: Education & Outreach*, 13(1), 12. doi:10.1186/s12052-019-0116-z
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2007). Students' Preconceptions About Evolution: How Accurate is the Characterization as "Lamarckian" when Considering the History of Evolutionary Thought? *Science & Education*, 16(3), 393-422. doi:10.1007/s11191-006-9019-9
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 93-104). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kattmann, U. (2013). *Glaube an die Evolution? Darwins Theorie im Spiegel der Alltagsvorstellungen von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern* (1 ed. Vol. 1).
- Kattmann, U. (2016). *Schüler besser verstehen : Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Kattmann, U., & Cypionka, R. (2017). *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen : didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (1. Auflage. ed.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Kattmann, U., Wahlert, G. v., & Weninger, J. (1978). *Evolutionsbiologie : wissenschaftliche und unterrichtliche Probleme*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Krüger, D. (2007a). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 81-92). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Krüger, D. (2007b). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung : ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden mit 12 Tabellen*. Berlin [u.a.]: Springer.
- Labudde, P. (2013). *Fachdidaktik Naturwissenschaft : 1. - 9. Schuljahr* (2., korr. Aufl. ed.). Bern: Haupt.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The university of Chicago press.
- Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. (Dr. paed. Dissertation). Technische Universität Dortmund, Dortmund.
- Lamnek, S. (2005). *Gruppendiskussion: Theorie und Praxis* (2. Auflage ed.). Weinheim, Basel: Beltz, UTB.
- Lampert, P., Peter, P., Scheuch, M., Heidinger, C., Kiehn, M., & Kapelari, S. (2018). „Mehr als nur Bestäubung“- Schülervorstellungen zur Bestäubungsbiologie und deren Implikationen für den Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, 22(1), 64-79. doi:10.4119/UNIBI/zdb-v22-il-331
- Mayr, E. (2002). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt : Vielfalt, Evolution und Vererbung* (Nachdr. ed.). Berlin [u.a.]: Springer.
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Eds.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 543-556). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina. (2017). *Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Universität*. Retrieved from Halle (Saale):

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Rachbauer, S. (2018). *Evolution - zentral verbindendes Thema oder unterrepräsentierte Komponente des Biologieunterrichts? : eine qualitative Analyse zweier Schulbuchreihen*. Wien.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (pp. 69-79).
- Scheibstock, J. (2014). *Lerneffekte im Unterricht zum Thema Evolution - eine Untersuchung zur Entwicklung von SchülerInnenvorstellungen zu Selektion und Variation*. Universitäts Bibliothek der Universität Wien, Wien.
- Scheuch, M., Scheibstock, J., Amon, H., Fuchs, G., & Heidinger, C. (accepted). Learning Evolution - A longterm Case Study with Focus on Variation and Change. *esera 2019*.
- Stamm, M., & Edelmann, D. (2013). *Handbuch frühkindliche Bildungsforschung* (2013 ed.). Wiesbaden.
- Storch, V., Welsch, U., & Wink, M. (2007). *Evolutionsbiologie* (2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage ed.): Springer.
- Strike, K. A., & Posner, G. J. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice* (pp. 147-176). New York: State University of New York Press.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2019). *Campbell Biologie* (11., aktualisierte Auflage. ed.). Hallbergmoos: Pearson.
- van Dijk, E. M., & Reydon, T. A. C. (2010). A Conceptual Analysis of Evolutionary Theory for Teacher Education. *Science & Education*, 19(6-8), 655-677. doi:10.1007/s11191-009-9190-x
- Wäger, M. (2017). *Das Thema „Evolution“ in österreichischen Biologie-Schulbüchern der Sekundarstufe I & II : eine simple Reflexion des Lehrplans oder doch ein durchgängiges Lehrkonzept?* Wien.
- Wallin, A., Hagman, M., & Olander, C. (2001). Teaching and learning about the biological evolution: Conceptual understanding before, during and after teaching. In J. D. d. B. I. García-Rodeja Gayoso, U. Harms & M.P. Jiménez Aleixandre (Ed.), *Proceedings from III Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (pp. 127-139). Spain: Universidade de Santiago de Compostela. .
- Weitzel, H., & Gropengießer, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung: Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 287-305.
- Willman, U. (2021). Die Natur ist ein fauler Fälscher. *Die Zeit*, 10, 33.
- Yin, K. R. (2003). *Case Study Research. Design and Methods* (Vol. 3). Thousand Oaks: Sage.

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 aus: Gregory (2009, p. 3) Eigenschaften von Populationen	19
Abbildung 2 aus: Riemeier (2007) Lernprozess	25
Abbildung 3 aus: (Baalmann et al., 2004, p. 11) Denkfigur 1	33
Abbildung 4 aus: Baalmann (Baalmann et al., 2004, p. 12) Denkfigur 2	33
Abbildung 5 aus: Baalmann (2004, p. 14) Denkfigur 3	34
Abbildung 6: Verändert nach Scheuch (Scheuch et al., accepted) Ablauf der Interviewstudie	38

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Interviews.	37
-----------------------------------------------------	----

Ich habe mich bemüht, sämtliche InhaberInnen der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Das gesammelte Datenmaterial dieser Arbeit ist unter <http://doi.org/10.5281/zenodo.4604878> abrufbar.

Die Transkripte der 4.Klasse entnehmen Sie bitte der Diplomarbeit von Scheibstock (2014).

10. Abstract

Deutsch:

Als Grundlage dieser Arbeit dienten problemzentrierte Interviews von J. Scheibstock, welche mit drei Schülerinnen im Laufe von fünf Jahren jeweils vor und nach einer Unterrichtssequenz zum Thema Evolution durchgeführt wurden (von Schulstufe 8 bis 12). Mittels qualitativer Inhaltsanalyse wurden Alltagsvorstellungen zum Thema Evolution und die Entwicklung des Populationsdenkens erhoben. Die vergleichende Studie zeigt, dass auch nach Ende einer Schullaufbahn Alltagsvorstellungen ein korrektes Verständnis der Evolution behindern. Vor allem zeigt die Studie deutlich, dass ein Populationsdenken nicht zur Gänze entwickelt werden konnte, und sowohl in der Forschung als auch im Unterricht der Fokus vermehrt auf das Populationsdenken der SchülerInnen gelenkt werden sollte.

Englisch:

An interview study of J. Scheibstock builds the basis of this work. She interviewed three school students over the period of five years (from grade 8 to grade 12), always before and after specific teaching interventions about evolution. The qualitative content analysis shows that common misconceptions still occur after five years. It also clearly indicates that population thinking is not manifested in the thinking of the interviewed students. Therefore, ways of improving population thinking should be a focus of future studies, but also for teaching biology at school.