



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Evolution – zentral verbindendes Thema oder
unterrepräsentierte Komponente des
Biologieunterrichts?

Eine qualitative Analyse zweier Schulbuchreihen

verfasst von / submitted by

Simon Rachbauer

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 445 456

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

Lehramtsstudium
UF Biologie und Umweltkunde
UF Geographie und Wirtschaftskunde

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. i.R. Dr. Günther Pass

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Martin Scheuch

Danksagung

Bei der Fertigstellung dieser Arbeit waren sehr viele Personen involviert, die mir dabei geholfen haben, diese Arbeit zu vollenden. Einigen möchte ich hier schriftlich ein Danke aussprechen.

Beginnen möchte ich bei meinem Betreuer Herrn Martin Scheuch. Dieser stand mir immer mit hilfreichen Tipps und Anregungen zur Seite. Nicht nur dass er mir dieses Thema für die Diplomarbeit ermöglicht hat, sondern auch mit seinen Überlegungen und Denkanstößen wurde ich regelmäßig herausgefordert, über den Tellerrand hinaus zu blicken.

Ein weiterer Dank geht an alle Freunde und Bekannte, die mich nicht nur in der Phase des Schreibens, sondern auch durch das Studium hinweg begleitet haben.

Ein riesiges Dankeschön soll auch an meine Familie und hier besonders an meine Eltern ausgesprochen werden. Durch ihre tatkräftige Unterstützung ist das Studium erst ermöglicht worden.

Die größte Unterstützung, die ich erhalten habe, ist die meiner Frau. Ohne ihre Hilfe, Motivation und Unterstützung hätte nicht nur das Abschließen des Studiums und der Diplomarbeit wahrscheinlich sehr viel länger gedauert, sondern wäre wahrscheinlich gar nicht zustande gekommen. Ich kann mich glücklich schätzen, so einen wunderbaren Menschen und Partnerin an meiner Seite zu haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1. Forschungsstand.....	9
1.2. Forschungsfrage	11
2. Theoretische Grundlagen.....	12
2.1. Fachlicher Hintergrund.....	12
2.1.1. Geschichte der Evolutionsforschung	12
2.1.2. Fortpflanzung und Vererbung	14
2.1.2.1. Konzept Zufall.....	17
2.1.2.2. Konzept Zeit.....	17
2.1.3. Natürliche Selektion	19
2.1.4. Künstliche Selektion	23
2.1.5. Sexuelle Selektion	24
2.1.6. Population.....	26
2.2. Fachdidaktischer Hintergrund	30
2.2.1. Lehrpläne.....	30
2.2.2. Schulbuch	31
2.2.3. Lernen durch Learning Progressions.....	35
3. Methode	39
3.1. Schulbuchanalyse	39
3.2. Concept Map.....	41
3.3. Datengrundlage	48
3.4. Codierregeln	49
3.5. Durchführung	51
4. Analyse	52
4.1. Schulbuchreihe bio@school.....	52
4.1.1. Reihenwerk bio@school 1	52
4.1.2. Reihenwerk bio@school 2	54
4.1.3. Reihenwerk bio@school 3	56
4.1.4. Reihenwerk bio@school 4	58
4.1.5. Reihenwerk bio@school 5	60
4.1.6. Reihenwerk bio@school 6	61
4.1.7. Reihenwerk bio@school 8	64
4.1.8. Zwischenfazit Schulbuchreihe bio@school.....	68
4.2. Schulbuchreihe Begegnung mit der Natur (Begegnung).....	70

4.2.1. Reihenwerk Begegnung 1	70
4.2.2. Reihenwerk Begegnung 2	72
4.2.3. Reihenwerk Begegnung 3	72
4.2.4. Reihenwerk Begegnung 4	75
4.2.5. Reihenwerk Begegnung 5	76
4.2.6. Reihenwerk Begegnung 6	78
4.2.7. Reihenwerk Begegnung 8	80
4.2.8. Zwischenfazit Schulbuchreihe Begegnung	84
5. Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Diskussion.....	86
5.1. Wesentliche Analysefunde	86
5.2. Vergleich der Schulbuchreihen	90
5.3. Vergleich mit den Ergebnissen von Wäger (2017)	91
5.4. Beantwortung der Forschungsfragen	91
5.5. Ausblick.....	93
6. Literaturverzeichnis	96
7. Anhang.....	101
7.1. Statistik der häufigsten Biologie Schulbücher nach Schultyp	101
7.2. Analyse Karte erster Entwurf	102
7.3. Analyseraster	104
7.4. Analyse Concept Map bio@school	106
7.5. Analyse Concept Map Begegnung mit der Natur	108
7.6. Abbildungsverzeichnis	110
7.7. Zusammenfassung / Abstract	111

1. Einleitung

Diese Arbeit soll zwei Probleme des Biologieunterrichts, die sowohl abhängig voneinander und miteinander verwoben sind als auch gemeinsam interagieren, ansprechen. Ersteres bezieht sich auf das Verständnis der Evolution. Evolution meint in diesem Sinn die Evolutionstheorie, besser gesagt die synthetische Evolutionstheorie oder auch Evolutionstheorien. Da viele verschiedene Überlegungen, Theorien und Forschungsrichtungen ein großes Lehr- und Forschungsgebiet umschließen, spricht man von der synthetischen Evolutionstheorie. Ein tiefergehendes Verständnis über die Evolution, ihre Prozesse und Auswirkungen zu entwickeln, ist eine der größten Herausforderungen für Schüler/innen im Biologieunterricht, wie auch schon bei Sanders et al. zu lesen ist:

„The existence of misconceptions has serious consequences when evolution is meant to provide an underlying framework for explaining basic processes and phenomena in the biological sciences” (SANDERS et al. 2016: S. 219)

Nicht nur die Lernprobleme sind schwierig, sondern es kommt noch hinzu, dass einmal falsch gelernte Vorstellungen einerseits sehr schwer wieder umzulernen und auszubessern sind, andererseits ist es später auch für die Lernenden schwierig in ein „falsches Rahmenkonstrukt“ neue Inhalte richtig einzuordnen, wie auch bei BISHOP zu lesen ist:

„These explanations are often incompatible with scientific theory, but they may be very difficult to change because they are strongly rooted in students’ prior experience and personal attempts to make sense of the world” (BISHOP et al. 1990: S. 416)”

Deshalb fordern viele Biolog/innen und Biologiedidaktiker/innen eine Implementierung der Konzepte der Evolution in sehr jungen Jahren, zum Beispiel ab dem Kindergarten, aber spätestens ab der Volksschulzeit. Es sollte dabei mit dem Erlernen der Grundlagen der verschiedenen Teilaspekte der Evolution begonnen werden. Wenn mit den einzelnen Konzepten und Theoriekomplexen früh gestartet wird, ist es später leichter, komplexe Zusammenhänge, wie etwa die Evolution in der Biologie, zu verstehen. Da sich die Evolution in allen Bereichen der Biologie wiederfindet, würde diese auch einen guten Rahmen für die verschiedenen Teildisziplinen der Biologie schaffen.

Das zweite Problem, dass in dieser Arbeit behandelt wird, sind die Schulbücher im Unterrichtsfach Biologie. Da ein guter fachlich korrekter Unterricht das Ziel von allen sein sollte, sollten die Schulbücher dies als Grundelement bereitstellen. Da die Thematik der Evolution in alle Bereiche der Biologie wirkt, sollten die Schulbücher dies widerspiegeln und die besondere Stellung der Evolution präsentieren. Doch schon mehrere Untersuchungen zeigen, dass dies nicht so ist und deshalb ist es auch nicht verwunderlich, wenn große Kritik sowohl von Forscher/innen aus der Biologie, als auch von Didaktiker/innen und Pädagog/innen kommt. Deswegen sind jene beiden Punkte so eng miteinander verwoben, da ein gutes Schulbuch, das fachlich korrekt aufgebaut ist und über mehrere Kapitel und Jahre hinweg immer wieder die evolutionären Themen miteinbezieht, so wichtig für ein tieferes Verständnis der synthetischen Evolutionstheorie ist. Fehlen die evolutionären Themen in einem Biologieschulbuch, so kann fast nicht die Rede von einem Biologieschulbuch sein. Andererseits kann auch mit dem besten fachlichen Wissen über die Evolution, bei einer schlechten Umsetzung in einem Schulbuch, nicht richtig gelernt werden. Falls eine der beiden Komponenten nicht vollständig richtig und korrekt vorhanden ist, so fällt auch die andere Komponente aus. Dieses Dilemma sollte Gegenstand dieser Arbeit sein.

Diese Arbeit wird untergliedert sein in einen Abschnitt über die Theorie und einen praktischen Teil der Empirie. Die theoretischen Grundlagen werden wiederum aufgeteilt sein, zuerst in eine fachliche Aufarbeitung der Grundlagen der behandelten biologischen Themen. Der zweite Teil handelt von den didaktischen und pädagogischen Grundlagen. In der Empirie werden zuerst die angewendeten Methoden in Kapitel 3 und verwendeten Daten in Kapitel 3.3. genauer erläutert und danach die Analyse der Schulbuchreihen angeführt. Am Schluss soll ein Ergebnis vorliegen, die Forschungsfragen beantwortet sein und ein Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten gegeben werden.

1.1. Forschungsstand

Ein Großteil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse von Schulbüchern. Die Schulbuchforschung ist eine sehr alte Forschungsrichtung, auf welche später im Kapitel 3. noch genauer eingegangen wird. Die Erforschung der didaktischen und pädagogischen Hintergründe in Verbindung mit der Evolution im Biologieunterricht hat eine sehr lange Tradition und ist in sehr vielen Forschungsfeldern vertreten. Diese reichen von dem Erforschen der verwendeten

Begriffe im Biologieunterricht über die Analyse der Schülervorstellungen bis hin zu eben der Schulbuchforschung und dem Textverständnis. Bei der Verwendung von biologischen und nicht biologischen Begriffen im Biologieunterricht kommt es meistens zu einer Durchmischung und Verwirrung der Konzepte für die Schüler/innen. Einer der sich mit dieser Problematik des Biologieunterrichts beschäftigt, ist unter anderen Dittmar Graf. Dieser zeigte schon in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Problematik der verschiedenen Verwendungen der Begriffe auf (GRAF 1987). Dieser bemängelt, dass bei sehr vielen Schulbüchern und auch Lehrplänen mit sehr vielen Synonymen gearbeitet wird und somit unnötig viele neue Begriffe eingeführt werden (ebd. 1987: S. 64). Weiter kritisiert er und auch andere, dass es im Biologieunterricht zu einer Flut von neu zu lernenden Begriffen und Wörtern kommt. Ein Beispiel zeigt auf, dass in einer deutschen Schulklasse mit einem bestimmten Schulbuch und drei Wochenstunden, die Schüler/innen im statistischen Durchschnitt jede Unterrichtsstunde 20 neue Begriffe aufnehmen müssen (ebd. 1989: S. 238). Neuere Forschungen über die teils fachlichen Begriffe beziehen sich ebenfalls auf die Verständlichkeit und setzen sich ein für eine klarere Definition dieser (GRAF et al. 2008).

Ein weiterer Bereich, der für diese Arbeit wichtig ist, beschäftigt sich mit den Vorstellungen von Schüler/innen im Biologieunterricht. Ein wichtiger Aspekt im Zuge des Lernens in einer Naturwissenschaft ist, dass versucht wird, zu verstehen, wie Lernende verschiedene Vorstellungen über die Phänomene und Konzepte besitzen und sich die Welt erklären. Schon BISHOP et al. (1990) zeigten auf, dass viele Personen, die auch teils mit fachlichen Vorerfahrungen ausgestattet sind, denken, dass sie wichtige Konzepte und Ideen richtig erklären und beschreiben können. Das dies nicht immer korrekt ist und mit den vorherrschenden Wissenschaftstheorien übereinstimmt, zeigt ihre Studie auf (ebd. 1990: S. 420). Auch neuere Forschung zeigt, dass große Missstände zwischen der wissenschaftlichen Theorie und Fakten und den Vorstellungen von Schüler/innen vorhanden sind (KATTMANN 2015: 13ff).

Da die vorliegende Arbeit auch eine Weiterführung der Forschung von WÄGER (2017) darstellt, sollte diese daher in Folge kurz beschrieben werden.

In dieser Arbeit wurden insgesamt 63 Schulbücher für die Allgemeinbildende Höhere Schule (AHS) Unterstufe und AHS Oberstufe durchgesehen. Diese wurden anhand eines geschaffenen Kategoriensystems über wichtige Themen der Evolution (Selektionsformen und Population) quantitativ analysiert. Die wichtigsten Ergebnisse

zeigen, dass es zu einer sehr schlechten Implementierung der evolutionären Konzepte in der Unterstufe kommt und weiters der Populationsgedanke nicht wirklich eingeführt und erklärt wird. In der Oberstufe gibt er ein besseres Zeugnis ab, aber auch hier finden sich viele Kritikpunkte, unter anderem, dass viele Konzepte erst in der 12. Schulstufe angesprochen werden (ebd. 2017).

Ein letzter Forschungsaspekt sollte hier kurz erwähnt werden. Dieser beschäftigt sich mit der Einführung sogenannter „Learning Progressions“ oder auch Bildungsstandards/Ziele, die gesetzt werden, um aufbauendes Lernen zu ermöglichen. In den letzten Jahren werden immer mehr dieser Learning Progressions definiert, überarbeitet und veröffentlicht. Die Absicht dieser ist, eine gemeinsame Rahmenstruktur über Ziele zu schaffen, welche auf wissenschaftlichen Untersuchungen basiert. Am Ende sollen sie sowohl den Lehrenden eine Hilfe bei der Strukturierung, Bewertung und Planung sein, als auch den Schüler/innen beim Lernen durch sogenannte „Stepping-Stone Ideas“ helfen (DUNCAN et al. 2013).

1.2. Forschungsfrage

In dieser Arbeit soll genauer darauf eingegangen werden, ob die Untersuchungen und gefundenen Ergebnisse von WÄGER (2017) auch bei einer qualitativen Analyse standhalten, sich bestätigen lassen oder verworfen werden müssen. Weiters ist es von Bedeutung, die Schulbücher auch qualitativ zu untersuchen, da eine bloße quantitative Untersuchung nach Schlagworten und deren Verknüpfung für eine nähere Analyse der Schulbuchreihe meist zu wenig aussagt. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Konzepte im Bereich Fortpflanzung und Vererbung gelegt, da ohne dieser Basis, es nur sehr schwer wird, die anderen Konzepte zu verstehen. Daher wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

- In welchem Ausmaß werden die evolutionsrelevanten Konzepte erwähnt, miteinander innerhalb der Schulstufe (horizontal) und über die Schulstufen hinweg (vertikal) in Schulbüchern verbunden?
- Welche fachlichen Fehler lassen sich in den Schulbüchern in Bezug auf die formulierten Konzepte finden?
- Ist eine Lernkurve, die kumulatives Lernen fördert, durch eine Learning Progression in den Schulbüchern gegeben?

2. Theoretische Grundlagen

In den folgenden Kapiteln sollen sowohl die fachbezogene Basis in der Biologie, als auch die didaktischen Grundlagen näher betrachtet werden.

2.1. Fachlicher Hintergrund

Um sich in der Analyse und in den Ergebnissen zu Recht zu finden, müssen zuvor die fachlichen Termini abgeklärt werden. Deswegen soll auf den nächsten Seiten zunächst ein kurzer Abriss der verschiedenen Evolutionstheorien in der Wissenschaftsgeschichte stattfinden und danach die Klärung einzelner ausgewählter wichtiger biologischer Prinzipien zu finden sein.

2.1.1. Geschichte der Evolutionsforschung

Es gab zahlreiche Personen, die teils Wissenschaftler/innen waren, die schon vor Charles Darwin ähnliche Gedanken äußerten und gleiche Überlegungen anstellten. Alle aufzuzählen würde hier den Rahmen sprengen, aber es sollte doch auf einige kurz eingegangen werden, die sowohl Wegbereiter Darwins waren als auch jene Wissenschaftler/innen, die die Evolutionstheorie zu jenem Forschungsgebiet gemacht haben, welche sie heute ist.

Einer der frühesten Wegbereiter der Evolutionstheorie, besser gesagt der Biologie als Wissenschaft, war Carl von Linné (1707-1778), ein Forscher aus Schweden, der mit seinem Werk „Systema Naturae“ ein Ordnungssystem in die Vielfalt des Pflanzen- und Tierreiches eingeführt hatte. Neben der Benennung (Nomenklatur) der Tier- und Pflanzenarten durch Binome führte er auch eine Einteilung der verschiedenen Arten (Taxonomie) ein.

Ein weiterer Wissenschaftler war Jean-Baptiste de Lamarck (1744–1829), ein französischer Biologe, der mit seinen Überlegungen einer der Ersten war, der eine Theorie über die Entstehung der Arten verfasste. Eine der berühmtesten Überlegungen war die Entstehung der langen Hälse von Giraffen in seinem Text „Philosophie zoologique“ aus dem Jahre 1809. Er postulierte die Theorie, dass sich Arten durch die Vererbung von erlangten Fähigkeiten graduell verändern. Am Beispiel der Giraffen würde dies bedeuten, dass die Vorfahren der heutigen Giraffen kürzere Hälse hatten und durch Streckung in ihrem Leben, diese dann den leicht längeren Hals an ihre Kinder weitervererbt haben (LOSOS et al. 2017: S. 14). Dieses Konzept von Evolution stimmt nicht mit den heutigen Vorstellungen überein und die als

Lamarckismus genannte Theorie, ist einer der größten Missverständnisse im Lehr-/Lernbereich (KATTMANN 2015: 40f).

Thomas Robert Malthus (1766-1834) war ein Nationalökonom und ein Sozialphilosoph und einer der Charles Darwin am meisten bei seinen Überlegungen beeinflusst hat. Seine beiden Hauptwerke „An Essay on the Principle of Population“ und „Principles of Economics“ beschäftigten sich mit den Auswirkungen von Populationswachstum und den zur Verfügung stehenden Ressourcen. Er wies darauf hin, dass die menschliche Population exponentiell, hingegen die Ressourcen nur linear wachsen würden. Diese Überlegung nahm Charles Darwin auf und versuchte dieses Konzept auf andere Arten zu übertragen.

Der Geologe Charles Lyell (1797-1875) fügte mit seiner Überlegung in seinem Werk „Principles of Geology“ zu den verschiedenen Prozessen, wie die Erde geformt und verändert wird, eine entscheidende Erkenntnis hinzu. Er argumentierte, dass die sehr langsamen Prozesse, die jetzt die Erde verändern, auch in der Vergangenheit gewirkt haben müssen und daher über sehr lange Zeiträume diese kleinen Veränderungen zu einem großen einschneidenden Wandel führen kann. Die Theorie des Uniformitätsprinzips (auch Aktualitätsprinzip genannt), aufgestellt von Hutton (GROTZINGER et al. 2017: S. 8) war somit weiterentwickelt worden. Diese Überlegungen waren bahnbrechend, weil die Berechnung des Alters der Erde überdacht werden musste.

Als Begründer der Evolutionstheorie gilt Charles Darwin (1809–1882) ein britischer Naturforscher der im Jahre 1859 einen Auszug mit dem Namen „On the Origin of Species by Means of Natural Selection“ veröffentlichte. Eigentlich wollte Darwin eine Monographie mit dem Namen „Natural Selection“ schreiben, doch die verfrühte Veröffentlichung des Auszugs war nötig, da ein weiterer Naturforscher Alfred Wallace (1823-1913) sehr ähnliche Überlegungen hatte. Sein Werk „The Origin of Species“ wurde von ihm weiter ausgearbeitet und überarbeitet. Es beinhaltet grundsätzlich zwei von ihm verfasste Hypothesen. Einerseits die Idee, der gemeinsamen Abstammung mit Veränderungen und andererseits die natürliche Selektion, als die treibende Kraft, die die Evolution vorantreibt.

Eines der Probleme, die Charles Darwin nicht lösen konnte, war den Ursprung der Variationen innerhalb der Spezies zu finden. Es dauerte noch bis in das 20. Jahrhundert hinein, um die Komponente der Vererbung und der quantitativen Genetik mit den evolutionären Konzepten zu vereinen. Einer dieser Forscher, der einen

wesentlichen Beitrag eingebracht hatte, war Theodosius Dobzhansky (1900-1975). Dieser zeigte mit seinen Werken auf, dass unter anderem auch die natürliche Selektion mit Experimenten und quantitativen Forschungen bewiesen werden kann. Aber nicht nur die Genetik und Vererbung, sondern auch Taxonomie, Biogeographie und die Paläontologie flossen in die synthetische Evolutionstheorie in dieser Zeit mit ein.

Als letzter genannter Forscher der Wissenschaftsgeschichte der Evolution soll Motoo Kimura (1924-1994) genannt werden, der mit seiner Arbeit „Neutrale Theorie der molekularen Evolution“ beleuchtete, dass die zufälligen Veränderungen in der DNA meist keine positiven oder negativen Auswirkungen haben. Das bedeutete wiederum, dass die Veränderungen in der DNA ausgelöst durch natürliche Selektion nicht so stark betroffen wären, wie unter anderem durch zufällig auftretenden Gendrift.

Dies war nur ein kurzer Auszug und unvollständige Aufzählung der Wissenschaftsgeschichte der Evolution. Es gibt noch zahlreiche weitere hier nicht genannte Personen, die viel Arbeit dazu beigetragen haben, um das Verständnis, dass wir heute besitzen, zu ermöglichen. Eine weit detailliertere Aufschlüsselung der Wissenschaftsgeschichte findet man unter anderen bei (FUTUYMA et al. 2017: 9ff) und bei (LOSOS et al. 2017: 10ff).

Dieses Kapitel soll mit den Worten von Futuyma beschlossen werden:

„Modern evolutionary biology does not equal Darwinism, and any antievolutionary critiques of Darwin that do not take into account modern research are irrelevant to our understanding of evolution today.”
(FUTUYMA et al. 2017: 17f)

Nichtdestotrotz ist die Darwin'sche Evolutionstheorie ein wesentlicher Baustein und eine Hauptkomponente auch im Lernen über Evolution.

2.1.2. Fortpflanzung und Vererbung

In diesem Kapitel sollen die wichtigsten Grundlagen in diesem Themenbereich kurz angeführt werden, um somit eine Verständnisbasis für die späteren Konzepte in der Analyse zu haben.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die natürliche Selektion aber auch für die Evolution und das Leben an sich, ist Variation besser gesagt die Variabilität eines Merkmales/ eines Gens. Jeder Organismus, außer eineiigen Zwillingen und Klone, besitzt eine einzigartige DNA und können deshalb genetisch klar von anderen Individuen (=genotypische Variabilität) unterschieden werden. Man unterscheidet

zwischen der genotypischen Variabilität und der phänotypischen Variabilität, zweitens bezeichnet die unterschiedlichen Eigenschaften und Merkmale des Phänotyps (=äußeres Erscheinungsbild des Organismus).

Eines der Anzeichen von Leben ist die Fortpflanzung der Organismen und dieses zählt auch als eine Schlüsselkompetenz in der Biologie (CAMPBELL et al. 2015: S. 4). Um Evolution zu verstehen muss zuerst dieser Teilaspekt der Biologie verstanden werden, da ansonsten später gelernte Konzepte nur schwer verständlich sind. Da die meisten Organismen nicht ewig leben können, müssen sie versuchen, ihre Gene weiterzugeben, bevor sie sterben. Es werden zwei Arten von Fortpflanzungen unterschieden: die ungeschlechtliche (asexuelle Reproduktion) und die geschlechtliche (sexuelle Reproduktion) Fortpflanzung. Die asexuelle Reproduktion soll hier nur kurz erwähnt sein, da hier kein Austausch von Genmaterial stattfindet und die Weitergabe des Genoms durch mitotische Zellteilung erfolgt. Deshalb sind diese Nachkommen, wie oben schon angeführt, zu 100% ident mit der Elterngeneration. Mutationen können in verschiedenen Weisen auftreten, dann ist natürlich ein Unterschied gegeben. In dieser Arbeit soll der Fokus auf der geschlechtlichen Fortpflanzung liegen. Diese Form der Vermehrung benötigt einiges an Voraussetzungen. Eine dieser ist, dass hier zwei Individuen, die als Elternteile fungieren, vorhanden sein müssen. Jeder Organismus kann meistens einem Geschlecht zugeordnet werden, wobei es auch Organismen gibt, die beide Geschlechter (Hermaphroditismus) ausgeprägt haben (TOMIUK et al. 2017: S. 19). Damit ein neues Lebewesen entsteht und bei der Befruchtung die zwei Gameten verschmelzen können, ist vorher eine Meiose erforderlich. Um Geschlechtszellen zu erhalten, die jeweils nur einen haploiden Satz des Genoms beinhalten, müssen zwei meiotische Zellteilungen erfolgt sein. In der Meiose I wird bewirkt, dass sich zuerst die Chromosomen replizieren und die homologen Chromosomenpaare von Mutter und Vater sich aneinander binden. In diesem Stadium kann es zu einem Crossing – over, dies ist ein Austausch von DNA zwischen den mütterlichen und väterlichen Chromosomen, kommen. Dies ist ein Faktor für die große Variabilität bei Organismen, der unter Kapitel 2.1.2. genauer beschrieben wird. Nach diesem Austausch trennen sich zuerst die homologen Chromosomenpaare auf zwei Tochterzellen auf. In der Meiose II werden als zweiter Schritt die Schwesterchromatiden voneinander getrennt und nun auf vier haploide Zellen, sogenannte Gameten aufgeteilt. Durch die unterschiedlichen Gameten und ihrer

unterschiedlichen DNA, wird es bei der Rekombination und Entstehung der Zygote zu unzähligen Möglichkeiten kommen. Manche DNA - Abschnitte und somit auch Gene werden ohne jegliche Veränderung an die Nachkommen weitergegeben und diese teilen sie somit mit diesen. Deshalb lässt sich zwischen diese eine gewisse phänotypische Ähnlichkeit ableiten. Dies bedeutet aber nicht, dass diese die gleiche DNA haben. Denn die Nachkommen bekommen die andere Hälfte ihres Erbgutes von dem zweiten Elternteil, es findet auch Crossing – over statt und die DNA ist bei jedem einzigartig kombiniert (ausgenommen Klone, Zwillinge, etc.).

Ein weiterer Punkt der in diesem Bereich angeführt werden soll, sind die Genmutationen. Ein Gen ist die Grundeinheit der biologischen Vererbung und ein spezifischer codierender Abschnitt auf der DNA.

Ein Gen beinhaltet die nötigen Informationen, die es ermöglichen den Prozess der Genexpression von der DNA zum Protein abzuschließen. Die Gesamtheit aller Gene wird als Genom bezeichnet. Durch verschiedene Mechanismen kann es zu einer Veränderung der Abfolge in der DNA kommen und Mutationen auslösen. Diese können nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden. Eine Möglichkeit sie zu beschreiben wäre nach ihrem Auftreten in verschiedenen Zellen (gametisch oder somatisch) oder auch nachdem, wie viel sich das Genom durch die Mutation ändert. Man unterscheidet die Punktmutation, bei dieser kommt es zu einer Änderung einer einzelnen Base. Dies kann entweder fast keine Auswirkungen haben, da vielleicht das Triplet trotzdem dieselbe Aminosäure herstellt oder es verändert eine Base in einem nicht codierenden Teil der DNA. Die zweite Art der Mutationen ist die Veränderung der Struktur von ganzen Chromosomen. Durch Deletionen, Insertionen, Duplikationen, Inversionen und Translokationen werden ganze Chromosomen und eine Vielzahl von Genen beeinflusst und verändert. Die letzte Einteilungsart ist die der Genommutation. Hier findet eine Veränderung des gesamten Genoms statt (S. FUTUYMA et al. 2017: 89ff). Ein Beispiel, das auch in den meisten Schulbüchern genannt wird, ist die Trisomie 21 bei Menschen oder auch die Polyploidisierung bei zahlreichen Kulturpflanzen. Die Mutationen werden als die Ursache und Quelle der Variation angesehen und gehören somit auch zu den wichtigsten Komponenten für die natürliche Selektion und Evolution (ebd. 2015: S. 631), FUTUYMA et al. 2017: S. 88; LOSOS et al. 2017: S. 315).

2.1.2.1. Konzept Zufall

Der Zufall ist eine nicht zu unterschätzende Größe in der Biologie. Dieser ist in vielen Bereichen der Biologie und eben auch in den evolutionsrelevanten Themen dieser Arbeit vertreten. Die im vorigen Kapitel beschriebenen Prozesse der sexuellen Rekombination, des Crossing - overs und der Mutationen sind nach dem Zufallsprinzip ablaufende Entwicklungen. Die sexuelle Rekombination ist sogar ein auf mehreren Ebenen zufällig ablaufender Prozess. Denn es gibt eine zufällige Verteilung der Chromosomen auf die Tochterzellen bei der Meiose. Dies ist bei den meisten Organismen der Fall, aber es sind auch sogenannte „Nicht – Mendelsche- Vererbungs“- Phänomene bekannt, bei denen es zu einer Abweichung der zufälligen Zuteilung zu den Gameten kommt (LOSOS et al. 2017: S. 347). Ein weiteres vom Zufall beeinflusstes Produkt ist der Prozess des Crossing – overs, wobei auch hier gesagt werden muss, dass räumlich eng beieinanderliegende Gene häufiger gemeinsam auftretende Crossing – over Häufigkeiten besitzen als Gene, die weiter entfernt voneinander liegen. Dies bezieht sich aber nur auf das Verhältnis der Gene untereinander und nicht ob und wann überhaupt ein Crossing - over stattfindet.

Als weiterer Punkt werden hier auch die Mutationen angeführt, die ebenfalls zufällig auftreten. Ob und wann eine Mutation stattfindet und durch was sie ausgelöst wird, ist sehr vom Zufall bedingt. Wenn man gewissen Einflüssen ausgesetzt ist, erhöht dies natürlich die Wahrscheinlichkeit und die Mutationsraten können erhöht werden. Das Risiko eine Mutation und Lungenkrebs zu bekommen erhöht sich beim Rauchen, aber ob, wo und in welcher Form die Mutationen auftreten ist zufällig.

Es kann ebenfalls durch zufällige Ereignisse die Allelfrequenz der Population geändert werden. Wenn sich Bedingungen ändern, kann es zu einer Änderung der bevorzugten Merkmale kommen. Dies bezeichnet man als genetische Drift. Ein Beispiel dafür ist der genetische Flaschenhals, in dem der Prozess sehr schlagartig und, im Vergleich zu anderen evolutionären Prozessen, relativ schnell abläuft.

Bei all diesen Vorgängen spielt der Zufall eine große Rolle und sollte daher beim Evolutionsunterricht nicht außer Acht gelassen werden (CAMPBELL et al. 2015: S. 638).

2.1.2.2. Konzept Zeit

Ein weiterer Faktor, der nicht nur für die Selektion, sondern auch für evolutionäre Prozesse an sich sehr wichtig ist, sollte hier angesprochen werden und dies ist der

Parameter Zeit. Auch diese Überlegung ist sowohl im Schulbereich als auch für Menschen außerhalb der Schule ein sehr schwieriges und komplexes Thema. Da es sich bei den meisten Zeitangaben in evolutionären Kontexten um schier unendlich große Zeitabstände, Zeitbezüge etc. handelt, in denen sich das Leben auf der Erde entwickelt hat, sind diese meist sehr schwer zu begreifen. Es sollte trotzdem in Diskussionen von evolutionären Zusammenhängen nicht außer Acht gelassen werden, um manche Zusammenhänge besser verstehen zu können.

Das Konzept wird in der Wissenschaft als geologische Zeit(-skala) benannt und findet sich nicht nur aber hauptsächlich in der Geologie wieder. Erste Überlegungen liegen bis ins 10. und 11. Jahrhundert zurück, da hier schon einige Gelehrte Überlegungen über die Entstehung der Berge anstellten und zu dem Schluss kamen, dass dies sehr viel Zeit beanspruchen würde. Erstmals wissenschaftlich beschrieben wurde es von dem schottischen Forscher James Hutton in seinem Hauptwerk „Theory of the Earth“ im Jahr 1795. In diesem stellte er die Theorie des Aktualismus vor und ebenfalls die Behauptung, dass die Erde sehr viel älter sein muss und dadurch die damaligen Überlegungen zur Zeit und zum Zeitalter neu überdacht werden müssen. Diese Überlegungen halfen nicht nur Darwin bei seiner Evolutionstheorie, sondern führten zu sehr vielen neuen Betrachtungsweisen bei den Abläufen der Erde, Geologie, Paläontologie und vielen mehr (GROTZINGER et al. 2017: S. 192). Die meisten evolutionären Prozesse treten in diesen Zeiträumen erst in Erscheinung und sind für ein durchschnittliches Menschenleben einfach zu lange.

Das bedeutet aber nicht, dass diese nicht beobachtet werden können, denn es gibt ebenso Geschehen, die sehr schnell ablaufen können. Ein Beispiel könnte die erworbene Antibiotikaresistenz bei Bakterien sein. Dazu gibt es zahllose Forschungen, die aufzeigen, wie schnell antibiotikaresistente Bakterien evolvieren können. Eindrucksvoll zeigte dies im Jahr 2016 eine Forschergruppe der Harvard Medical School, die mit einem Video vorführte, wie sich diese Evolution in nur zehn Tagen abfilmen lässt (BAYM et al. 2016). Ein anderer Beleg ist das häufig angeführte Beispiel des Industriemelanismus bei *Biston betularia* (Birkenspanner) im 19. und 20. Jahrhundert. Durch die zunehmende Verschmutzung der Luft und in Folge von Birkenrinden, verfärbte sich die Rinde dieser und daraus folgend hatten dunkler gefärbte Individuen der Spezies einen Selektionsvorteil. Die hellere Variante bei *Biston betularia* nahm an Häufigkeit ab, währenddessen die Abundanz der dunkleren zunahm. Dieses Beispiel wurde immer wieder heftig kritisiert, aber durch die

Experimente, die von Michael Majerus in den 2000er Jahren durchgeführt worden sind, konnte erwiesen werden, dass es zu einer Änderung der Prädation bei Vögeln durch die Änderung der Farbe bei den Motten kommt (COOK et al. 2012).

2.1.3. Natürliche Selektion

Die natürliche Selektion ist eines der wichtigsten Konzepte in der modernen Biologie und ist ein Schlüssel, um evolutionäre Prozesse beziehungsweise die Evolution verstehen zu können. Natürliche Selektion ist aber nicht mit Evolution gleichzusetzen, da die Evolution von vielen verschiedenen Prozessen und Größen beeinflusst wird, wie zum Beispiel auch von der genetischen Drift. Eine einzelne kompakte und „richtige“ Definition ist sehr schwierig zu geben, weil die natürliche Selektion von verschiedenen Perspektiven, Fachgebieten und auch Zeitaltern unterschiedlich definiert wird. Deshalb werden hier verschiedene Definitionen angeführt, um ein breiteres Bild des Forschungsfeldes zu vermitteln. Charles Darwin, der den Begriff einführte, verwendet ihn wie folgt:

“This preservation of favourable individual differences and variations, and the destruction of those which are injurious, I have called Natural Selection, or the Survival of the Fittest” (DARWIN 1873: S. 63).

Dieser meint damit, dass es Eigenschaften oder Merkmale gibt, die einen Vorteil gegenüber anderen Variationen desselben Merkmales ermöglichen. Diese Unterschiede in den Merkmalen, und sind sie noch so klein, führen über lange Zeit dazu, dass sich die vorteilhaftere Variation durchsetzt und stärker auftreten wird. Eine sehr umfassende dafür aber sehr allgemeine und vage Definition gibt Stephen Stearns im „Princeton Guide to Evolution“:

“Natural selection is a process of sorting by reproductive success that occurs in populations of replicating units, whether those units are molecules, cells, organisms, or larger units” (STEARNS 2017: S. 193).

Der Autor bezeichnet den Prozess der natürlichen Selektion eher als Sortieren und zwar nach dem reproduktiven Erfolg. Er fügt hinzu, dass die natürliche Selektion nur funktionieren kann, wenn jene Variationen auch vererbbar sind und dies zu unterschiedlichem reproduktiven Erfolg führt. Weiters fügt er auch weitere Ebenen ein, denn die Selektion tritt nicht nur auf der Individuenebene sondern auch bei anderen wie der Zelle oder sogar bei Genen auf. Er vereinfacht seine Ausdrucksweise mit der

einfachen Summation: vererbare Variation + unterschiedlicher reproduktiver Erfolg = natürliche Selektion (LOSOS et al. 2017: S. 194).

Die Definition von CAMPBELL et al. (2015) ist ähnlich der oben angeführten Definition, hier wird aber auch schon auf eine der Auswirkungen der natürlichen Selektion eingegangen:

„Die natürliche Selektion führt dazu, dass Allele in einer anderen Häufigkeit an die nächste Generation weitergegeben werden, als sie in der gegenwärtigen Generation auftreten“ (ebd. 2015: S. 638)

Die Definition, die für diese Arbeit verwendet wird ist sehr allgemein und eher komplex, doch sie beinhaltet alle wesentlichen Merkmale der vorigen gegebenen Definitionen und vereint diese in einem kompakten Satz:

„[...] natural selection is any consistent difference in fitness among different classes of biological entities“ (FUTUYMA et al. 2017: S. 60).

Es schließt mit dem biologischen Konzept der Fitness sowohl die unterscheidbaren Variationen und den reproduktiven Erfolg mit ein als auch dass diese erhalten bleiben müssen. Weiters spricht er von biologischen Entitäten, die sowohl Populationen als auch Gene beinhalten können.

Die Bezeichnung Selektion kann zu Verwirrungen führen, da nicht aktiv selektiert wird, sondern der Prozess der Selektion („das Selektieren“) wird durch alles verursacht, was zu der Verbindung und gegenseitigen Beeinflussung zwischen dem Merkmal/ Eigenschaft und dem Fortpflanzungserfolg beiträgt (STEARNS 2017: S. 194). Sogar Darwin war sich diesem Missstand schon bewusst und spricht diesen fehlleitenden Begriff in der sechsten Auflage seines Werkes an (DARWIN 1873: S. 63). Ein weiterer meist falsch verstandener Begriff ist die Anpassung bzw. Adaption. Aus dem vielzitierten Satz „Survival of the fittest“ wurde angenommen, dass der Organismus der sich am besten angepasst hat, auch überlebt und der fitteste ist. Dass hier mehrere Konzepte und Ideen vertauscht und missinterpretiert werden, ist vielen Menschen nicht klar. Darwin meinte mit seinem Fitnessbegriff nicht die Anpassung oder adaptive erworbene Eigenschaften sondern den biologischen Fitnessbegriff, der sich unter anderem als Fortpflanzungserfolg und Überleben zeigt. Dies hat weder eine Richtung noch irgendeine Tendenz als Vorgabe für die Evolution. Es sollte gefestigt werden, dass die Fitness und die Anpassung nicht dasselbe sind und zwei verschiedene Begrifflichkeiten sind. Fitness ist natürlich von der Angepasstheit der Organismen

abhängig, denn der Organismus, der für eine bestimmte Nische die besten adaptiven Eigenschaften besitzt, wird eine höhere Fitness besitzen als andere Individuen. (ZRZAVÝ et al. 2010: S. 12).

Als Schluss dieses Kapitels sollen noch die verschiedenen Ebenen der Selektion angesprochen werden. Denn die natürliche Selektion findet nicht nur auf der Individuenebene statt, sondern auch auf anderen biologischen Ebenen. Auf der Ebene der Gene kann hier wieder die ungleiche Verteilung während der Meiose angeführt werden, die schon bei der Fortpflanzung angeführt worden ist. Auch hier findet eine Selektion statt, in der gewisse Gene anscheinend einen Vorteil gegenüber anderen haben, also Variation vorhanden ist und somit ist auch natürliche Selektion möglich. Ein weiteres Beispiel sind sogenannte „selfish genetic elements“. Zu diesen gehören unter anderen auch die Transposons, welche Abschnitte auf der DNA darstellen, die in der Lage sind, sich zu kopieren und ausschneiden und an einer anderen Stelle des Genoms wieder einfügen (LOSOS et al. 2017: S. 348).

Auf der Ebene der Individuengruppe kann auch eine weitere Ebene dargestellt werden, nämlich die Verwandtenselektion (engl. kin selection). Diese behandelt die Vorgänge, dass sich Organismen innerhalb der Familie beziehungsweise Verwandten gegenseitig in ihrem Reproduktionsverhalten beeinflussen. Dies erklärt als einer unter mehreren Ansätzen das Entstehen von altruistischem Verhalten. Denn die individuell keine vorteilhaften phänotypischen Merkmale besitzenden Organismen, die aber durch ihr altruistisches Verhalten einen Beitrag zum Überleben der Familie und näheren Verwandten beisteuern, werden durch dieses Verhalten wiederum bevorzugt. Die Autoren Queller und Strassmann definieren diese als: „Kin selection is selection that operates via effects on relatives“ (Queller et al. 2017: S. 215).

Auf der Ebene der Population kommen auch noch Gruppenselektion und Speziesselektion vor, wobei ersteres Konzept hauptsächlich von Sewall Wright ausgearbeitet wurde und in den 1960er Jahren stark kritisiert wurde. Das Prinzip sagt aus, dass die natürliche Selektion auch auf Gruppen von Organismen Auswirkungen hat und nicht nur auf das Individuum. Da wenig empirische Überprüfungen dieser Theorie gefunden worden sind, sind solche Überlegungen wieder verworfen worden. Erst in jüngerer Zeit wurde diese Theorie in einer „light“ Version wiederentdeckt und als Multilevel Selektion mit den anderen Ebenen verknüpft (OKASHA 2017: S. 202). Die zweite Form der Speziesselektion beschäftigt sich mit den Unterschieden von den verschiedenen Arten. Speziesselektion bedeutet, dass jene Arten bevorzugt werden,

die das Aussterben besser vermeiden und/oder weitere Arten hervorbringen (ebd. 2017: S. 200).

Schlussendlich gehen die meisten Forscher/innen zurzeit davon aus, dass das Individuum mit seinen Genen die entscheidende Einheit der natürlichen Selektion ist. Doch auch hier sollte nicht vergessen werden, dass die heute angesprochenen Individuen nicht immer als solche gekennzeichnet waren und ebenfalls erst entstanden sind. Weiters weist auch Okasha darauf hin:

„What we call an ‘individual organism’ is itself a highly cooperative group of cells, each specialized in a different task. Moreover, a eukaryotic cell is itself a multispecies assemblage [...] and in addition contains numerous organelles with their own genes, whose evolutionary interests are not always fully aligned with those of their host” (ebd. 2017: S. 204).

In diesem Bereich müssen sich erst feste Konventionen herauskristallisieren, nachdem man den Prozess und die Interaktion der natürlichen Selektion auf den unterschiedlichen Ebenen besser verstanden hat.

Als Letztes sollen hier noch kurz die Unterschiede der stabilisierenden, gerichteten und disruptiven Selektion erläutert werden.

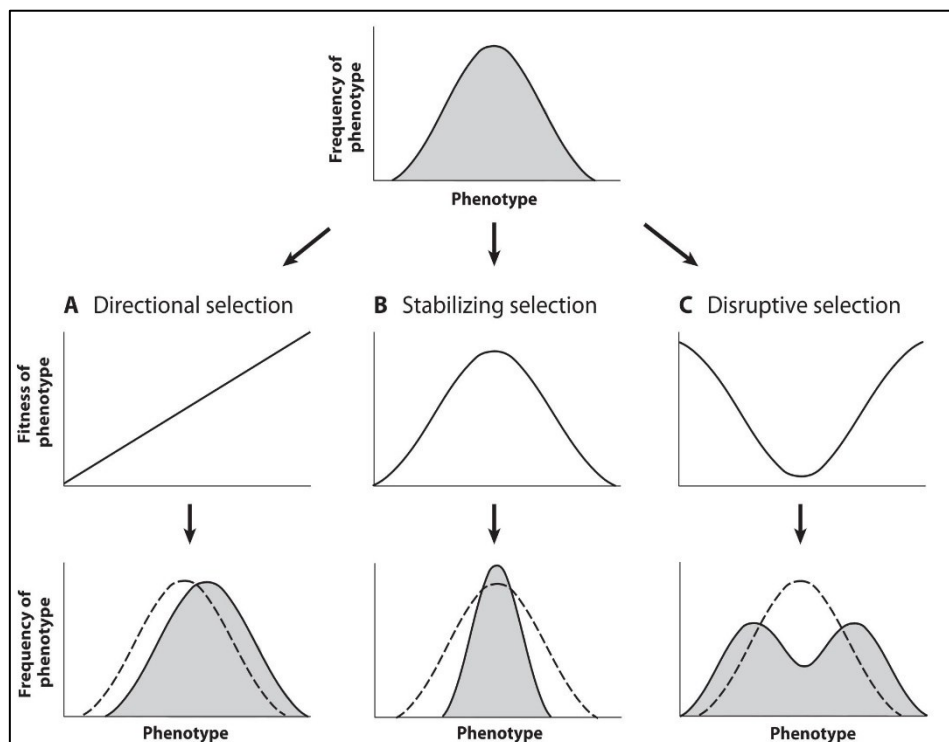


Abb. 1: Selektionsformen Quelle: (KINGSOLVER et al. 2017: S. 240)

Bei der stabilisierenden Selektion haben jene Individuen einen Vorteil, die sich nahe dem Mittelwert der Variabilität innerhalb einer Population befinden, da meist konstante

Bedingungen vorherrschen. Wenn sich die Umweltbedingungen ändern, so haben gewisse Organismen, die sich nicht im Bereich des Mittelwertes aufhalten und in eine Richtung des Merkmales tendieren, einen Vorteil und man spricht von gerichteter Selektion. Die dritte Form dieser Einteilung ist die disruptive Selektion. Sie ist das Gegenteil der stabilisierenden Selektion, da hier die beiden Extremvarianten gegenüber den intermediären bevorzugt werden. Dies bedeutet aber nicht im Umkehrschluss, dass sich daraus zwei neue Arten aus den Extremwerten herausbilden, sondern nur, dass jene Individuen stärker selektiert werden je mehr sie dem Mittelwert des Merkmales entsprechen (FUTUYMA et al. 2017: 141f).

2.1.4. Künstliche Selektion

Eine zweite Form der Selektion ist die künstliche Selektion, bei der die Auswahl/ die Selektion vom Menschen ausgeht. Es bezeichnet die selektive Zucht für bestimmte Merkmale oder Merkmalkombinationen bei Organismen ausgelöst durch menschliches Zutun (BRAKEFIELD 2017: S. 436). Diese Form der Selektion wird der natürlichen Selektion gegenübergestellt, da hier anders als bei der natürlichen Selektionsform meistens ein Ziel vorhanden ist. Die Menschheit versucht schon lange bevor sie irgendetwas von Vererbungslehre, Selektionstheorie, Gene, Molekularbiologie verstanden hat, die Organismen, egal ob dies Tiere, Pflanzen oder anderes sind, zu verändern. Die Anfänge liegen vermutlich 10.000 Jahre oder auch länger zurück und sind gemeinsam mit dem Sesshaftwerden des Menschen entwickelt worden (STORCH et al. 2013: S. 516). Schon damals verwendete man jene Pflanzen weiter, die die gewünschten Eigenschaften am besten hervorbrachten und auch bei den Tieren selektierte man jene, die gewünschte Eigenschaften wie Zutraulichkeit, hohe Produktion, etc. hatten. Eigentlich alle unsere derzeitigen Nahrungsprodukte stammen von sogenannten Kulturgütern ab. Diese sind gezüchtete Sorten oder Rassen, die sich von der Wildform unterscheiden. Als ein Beispiel soll hier *Triticum aestivum* (Weich - Weizen) angeführt werden. Der Weizen ist heute nach dem Mais und Reis das am meisten verwendete Getreide der Welt (FAO o. J.) und zählt zu einer der ältesten Kulturpflanzen des Menschen. *Triticum aestivum* wurde aus einer Kreuzung von *Triticum turgidum* und *Aegilops tauschii* gewonnen (KADEREIT et al. 2014: S. 528).

In neuerer Zeit ist die Zucht nicht nur eine Auswahl von besseren oder schlechteren Organismen und bei der Kreuzung eine Chance auf ein vielleicht besseres Individuum,

sondern dies wird vor allem durch die Fortschritte in der Genetik und Molekularbiologie bestimmt. Diese nennt man genetisch veränderte Organismen (GVO, auch GMO aus dem englischen genetically modified organism) und sie bestimmen immer wieder die ethischen und wissenschaftlichen Diskussionsrunden in den letzten Jahren.

Durch das Vorhandensein ähnlicher Parameter kann diese Form der Selektion auch mit der gerichteten natürlichen Selektion verglichen werden (TOMIUK et al. 2017: S. 242). Wobei zu unterscheiden bleibt, dass bei der gerichteten Selektion vielleicht noch ein Ziel „vorgegeben“ ist (besser formuliert: ein bevorzugtes Merkmal, das selektiert wird), aber es sollte auf keinen Fall angenommen werden, dass hier die Selektion irgendwie aktiv von jemandem gesteuert wird. Diese ist, wie oben schon erwähnt, eher als Produkt eines Prozesses zu sehen als eine Aktion. Diese Aktion findet hingegen bei der künstlichen Selektion sehr wohl statt.

2.1.5. Sexuelle Selektion

Als Darwin bei seinen Beobachtungen verschiedenste Organismen sah, fielen ihm immer wieder Exemplare auf, die anscheinend nicht von der natürlichen Selektion betroffen waren. Ein Beispiel dafür sind die langen Schwanzfedern bei den männlichen Exemplaren von *Pavo cristatus* (blauer Pfau). Diese Merkmale würden durch natürliche Selektion höchstwahrscheinlich nie evolvieren, da sie einen großen Nachteil für das Individuum bedeuten. Er beobachtete, dass dieses sogenannte sekundäre Geschlechtsmerkmal bei verschiedensten Arten auftrat, meistens nur bei den männlichen, adulten und geschlechtsreifen Individuen. Diese Art der Selektion bezeichnet Darwin als sexuelle Selektion, da diese nicht der natürlichen Selektionsform folgt (FUTUYMA et al. 2017: S. 251). Man bezeichnet die Unterschiede, die sich auf Körperform, -struktur, -farbe, -ornamente beziehen auch als Geschlechtsdimorphismus (BOUGHMAN 2017: S. 520).

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten der sexuellen Selektion unterscheiden, die intersexuelle und intrasexuelle Selektion. Die intersexuelle Selektion stellt die Auswahl zwischen den Geschlechtern in Verbindung. Es handelt sich um die Auswahl des anderen Geschlechtspartners, meistens ist in der Biologie die Rede von „female choice“ (ebd. 2017: S. 520). Dies liegt an der Anisogamie der Gameten, sprich die unterschiedliche Größe und Form bei weiblichen und männlichen Geschlechtszellen und dem unterschiedlichen Aufwand, der für die Nachkommenschaft aufgebracht werden muss. Bei sehr vielen Organismen geht diese Selektionsform von den

weiblichen Geschlechtspartnern aus, da diese meist weniger Gameten zur Verfügung haben und auch mehr mit der Pflege des Nachwuchses beschäftigt sind. Deshalb spricht man von female choice, bei der die männlichen Individuen auf ihre phänotypischen Merkmale hin selektiert werden. Dies muss nicht heißen, dass der weibliche Partner eine aktive kognitive Entscheidung trifft, denn auch bei Organismen mit sehr einfachen Nervensystemen ist diese Selektionsform nachgewiesen worden (FUTUYMA et al. 2017: S. 257). Dass die Selektion nicht immer vom Weibchen ausgeht, sieht man am Beispiel der Unterfamilie der Seenadeln der *Hippocampinae* (Seepferdchen). Bei diesen tragen die Männchen die Eier aus und sind für den Nachwuchs zuständig, haben daher den größeren Aufwand bei der Reproduktion und deshalb spricht man hier oft von einer „male choice“. Bei dieser Theorie gibt es aber auch erste Kritik und Überlegungen, dass dies nicht immer der Fall ist und bei natürlichen Populationen die Auswahl von beiden Geschlechtern ausgeht (BAHR et al. 2012). Man spricht von einer sogenannten „mutual mate choice“ also von einer gegenseitigen Partnerwahl, da in diesem Prozess sehr viele verschiedene Komponenten mitwirken und miteinander interagieren und nicht nur die männlichen sekundären Geschlechtsmerkmale ausschlaggebend sind. Doch aufgrund der guten Erforschung und Beschreibbarkeit, sollte dieser Teil der sexuellen Selektion nicht vernachlässigt werden und als Einzelstück in einem größeren Mosaik gesehen werden.

Die intrasexuelle Selektion ist die zweite Form und bezieht sich auf die Selektion innerhalb eines Geschlechts und wird häufig in der Literatur auch als „male - male competition“ erwähnt (MILLER 2017: S. 641; FUTUYMA et al. 2017: S. 254). Bei dieser handelt es sich um jeglichen „Wettkampf“ zwischen männlichen geschlechtsreifen Individuen unterschiedlicher Fitness. Denn dies bedeutet nicht unbedingt, wer am stärksten oder am besten für einen direkten Kampf ausgerüstet ist, sondern wer schlussendlich einen größeren reproduktiven Erfolg hat. Dies kann auch bedeuten, dass jene bevorzugt werden, die genügend Ressourcen zum Aufziehen des Nachwuchses bereitstellen oder sich durch „Brautgeschenke“ einen Selektionsvorteil gegenüber anderen männlichen Mitbewerbern verschaffen. Sehr gut beschrieben sind die phänotypischen Unterscheidungen bei den Geweihen von *Cervus elaphus* (Rothirsch) oder den Machtkämpfen bei *Lucanus cervus* (Hirschkäfern) (FUTUYMA et al. 2017: 254f). Eine weitere Form der intrasexuellen Selektion ist die Spermienkonkurrenz zwischen den Männchen. Dies ist gut dokumentiert bei der

wissenschaftlichen Untersuchung der Hodengröße und dem Vergleich mit dem vorherrschenden Paarungsverhalten bei den *Hominiden*. Sind die Hoden und Spermienproduktion groß, wie etwa bei der Gattung *Pan* (Schimpansen), hängt dies direkt mit der dort herrschenden Konkurrenz der Männchen bei der Reproduktion zusammen. Sieht man sich nun die Verhältnisse bei *Gorilla* (Gorillas) an, so findet man dort ein komplett anderes Modell. Da die Männchen durch ihre Stärke, Muskeln, Körperbau etc. konkurrieren und danach alleiniges Recht auf Fortpflanzung mit dem gesamten Harem haben, sind bei diesen die Hoden relativ klein ausgebildet. Denn hier spielt die Spermienkonkurrenz kaum eine Rolle.

Sexuelle Selektion kann als ein wichtiger Teilaspekt der Evolution angesehen werden und ist auch gut zu untersuchen, da die sekundären Geschlechtsmerkmale zu den am schnellsten verändernden phänotypischen Merkmalen zählen (ebd. 2017: S. 251).

2.1.6. Population

Zuallererst sollte geklärt werden, was unter einer Population eigentlich verstanden wird. Auch hier sind wieder viele verschiedene Definitionen vorhanden, je nachdem welche Forschungsfrage gewählt wird und aus welchem Forschungsgebiet diese kommt.

Zuerst, da es für die nachfolgende Analyse ein entscheidender Faktor ist, soll hier kurz der Begriff der Population nach der Wissenschaftsdisziplin der Demographie definiert werden:

„Bevölkerung bezeichnet aus statistischer Perspektive diejenigen Menschen, die in einem Territorium leben, etwa in einem Staat, einer Stadt oder einem Bezirk, unabhängig von den einzelnen Merkmalen, die sie aufweisen“ (Freytag et al.: S. 40)

Diese Wissenschaftsdisziplin beschäftigt sich mit der statistischen Größe der Bevölkerung und bezieht sich meistens auf die menschliche Bevölkerung. Häufig werden hier nur Geburten, Tode, Migration ausgewertet und man spricht von Bevölkerungsveränderung. Die demographische Definition hat meist, außer den fixierten Raumbezug, keine Übereinstimmungen mit dem Begriff der Population im biologischen Sinne. Manche Demographen fordern auch, dass der Begriff Population synonym für die Bevölkerung verwendet werden kann (FREYTAG et al.: S. 41), aber die meisten sprechen sich dagegen aus, da dieser als ein veralteter Begriff für diese Wissenschaftsdisziplin gilt. Die weitere Verwendung im Schulbuch ist soweit kein

Problem, wenn die Abgrenzung zu den Verwechslungsmöglichkeiten klar gegeben ist und nicht innerhalb eines Werkes für denselben Begriff dasselbe Wort verwendet wird. In der Biologie gibt es ebenfalls den Begriff der Population, der in den verschiedenen Fachgebieten überall ein wenig anders definiert wird. In der Botanik werden Populationen als:

„Jede Art einer solchen Sozietät [...] ist in der Regel durch mehrere Individuen vertreten, deren Gesamtheit als Population (Fortpflanzungsgemeinschaft) bezeichnet wird. Die Population schließt alle Altersstufen einer Art ein [...]“ (KADEREIT et al. 2014: S. 746).

In dieser wird schon eine wichtige Komponente genannt, nämlich die Fortpflanzungsgemeinschaft. Dies ist bei dem Populationsbegriff im biologischen Sinne sehr wichtig, da es sich um Individuen handeln muss, die sich untereinander fortpflanzen können. Dies inkludiert teilweise das biologische Artkonzept, das von G.-L. L. Buffon im Jahre 1855 erstellt wurde, aber durch den Biologen Ernst Mayr im Jahr 1963 erst breitere Aufmerksamkeit bekam. Dies besagt, dass eine Art eine Gruppe von Individuen ist, die sich untereinander reproduzieren können und fruchtbare Nachkommen haben (ZRZAVÝ et al. 2010: S. 371). Eine weitere Komponente, die in dieser Definition nicht angesprochen ist, sind die Abgrenzungen der einen Population durch andere Gemeinschaften derselben Art. Es ist sehr wichtig, die Population nicht gleichzusetzen mit der Gesamtheit aller Individuen einer Art. Es kann sehr wohl eine Art in verschiedene Populationen aufgeteilt sein und mehrere verschiedene Populationen einer Art angehören.

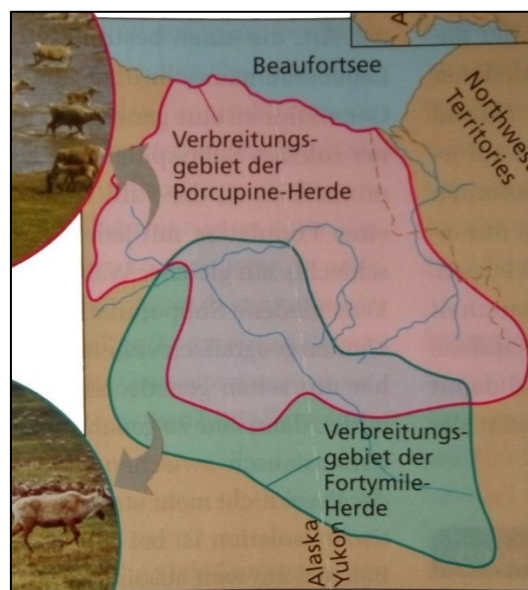


Abb. 2: verschiedene Populationen; verändert nach: (CAMPBELL et al. 2015: S. 634)

Das Gegenteil, dass sich verschiedene Arten in einem Lebensraum aufhalten, nennt man Gemeinschaft oder auch Biozönose. Eine Definition, die alles miteinbezieht findet man einmal mehr bei Futuyma:

„A group of conspecific organisms that occupy a more or less well defined geographic region and exhibit reproductive continuity from generation to generation; ecological and reproductive interactions are more frequent among these individuals than with members of other populations of the same species” (FUTUYMA et al. 2017: G-13).

Nun da dieser Begriff geklärt ist, sollte noch kurz darauf eingegangen werden, warum dieser so wichtig für die Selektionsformen und auch die Evolution ist. Obwohl im Kapitel 2.1.3 gesagt worden ist, dass die Selektion jeweils am Individuum und seiner Fitness ansetzt, geschehen die eigentlichen Auswirkungen der natürlichen Selektion und der evolutionären Prozesse auf der Ebene der Populationen.

Zuerst sollte die natürliche Selektion nochmals genauer betrachtet werden. Der Prozess der Selektion bewirkt eine Veränderung gewisser Merkmale, die selektiert werden, nämlich die Allele. Diese Veränderung der Anzahl der Allele in einer Population, wird einen Einfluss auf die Gesamtanzahl der zur Verfügung stehenden Allele und deren relativer Häufigkeit zueinander nehmen. Alle vorhandenen Allelvariationen innerhalb einer Population können als Genpool beschrieben werden. Die natürliche Selektion führt als Prozessergebnis dazu, dass sich jene Allele häufiger in einer Population vorfinden, die den Organismen die beste Adaption an ihren Lebensraum bieten. Man spricht auch von der adaptiven Evolution. Der Genpool wird aber nicht nur von der natürlichen Selektion beeinflusst, sondern hat auch noch andere Größen.

Ein weiterer evolutionärer Prozess, der Einfluss auf die Population und deren Allelfrequenz hat, ist die genetische Drift. Dies bezeichnet alle Vorgänge, die zufällige und nicht vorhersagbare Veränderungen der Allelfrequenz in einem Genpool verursachen (CAMPBELL et al. 2015: S. 1804). Dieser Effekt kann vor allem bei kleinen Populationen sehr große Auswirkungen haben, da die Menge an vorhandenen Allelen nicht sehr groß ist. Bei einer Löschung einiger Allele durch verschiedene Faktoren kann es zu einem Verlust von genetischer Variabilität kommen bzw. auch dazu, dass dann nicht vorteilhafte Allele in der Population fixiert werden. Wie unter 2.1.2.1 schon erwähnt, ist der genetische Flaschenhals als ein Beispiel für den

genetischen Drift für manche Populationen sehr dramatisch, da es zu einer enormen Verringerung des Genpools führen kann (FUTUYMA et al. 2017: 172f).

Als letzter evolutionärer Prozess soll hier noch der Genfluss beschrieben werden. Dieser bezeichnet die Übertragung von Allelen aus einer Population in eine andere durch die Abwanderung von fruchtbaren Individuen bzw. der Gameten oder allgemeiner gesagt der Ausbreitungseinheit (CAMPBELL et al. 2015: 641f). Dies kann neue Variationen in die Population miteinbringen und die Gesamtanzahl im Genpool erhöhen. Dieser Effekt kann soweit wirksam sein, dass der Genaustausch zwischen Populationen so stark wird, dass sich diese schlussendlich einen Genpool teilen und als eine Population angesehen werden können. Da davon ausgegangen wird, dass durch Genfluss häufiger neue Allele in die Populationen eintreten, als dass neue Mutationen auftauchen, ist dies ebenfalls sehr wichtig als Vorstufe zur natürlichen Selektion und auch Evolution. Denn sind beispielsweise vorteilhaftere Gene in die neue Population übertragen worden, kann die natürliche Selektion ansetzen und die Anzahl jener Individuen erhöhen, die dieses Gen tragen. Ein Beispiel dieses Effektes ist die Insektizidresistenz bei *Culex pipiens* (Gemeine Stechmücke) (ebd. 2015: S. 642).

Die Populationsebene ist eben deshalb so wichtig, da klar unterschieden werden muss, dass Individuen selektiert, werden aber Populationen evolvieren. Dass sich Organismen individuell anpassen, damit sie der Selektion entsprechen, ist ein falsches Bild und sollte durch die Verwendung der Populationsebene nicht mehr auftreten.

Diese fachlichen Hintergründe und Theorien sind die Ausgangsbasis für diese Arbeit und die Erstellung der Konzepte für den Analyseraster. Außerdem sind diese biologischen Theorien Teile des größeren Forschungsfeldes der Evolution und somit eine der wichtigsten Träger in der gesamten Biologie:

„Evolution and its underlying genetic mechanisms of inheritance and variability are key to understanding both the unity and the diversity of life on Earth” (COUNCIL 2012: S. 141)

2.2. Fachdidaktischer Hintergrund

Die fachlichen Aspekte sind durch das vorige Kapitel abgeklärt worden, doch das beste Wissenskonstrukt bzw. die beste Wissenstheorie hat einen geringen Lerneffekt, wenn diese/s nicht didaktisch und pädagogisch aufgearbeitet ist, damit die Wissensinhalte auch richtig vermittelt werden können.

Deshalb soll der zweite Teil des theoretischen Hintergrundes die didaktischen beziehungsweise die fachdidaktischen Hintergründe behandeln. Auch die gesetzlichen Grundlagen sollen kurz angesprochen werden und die Lernschwierigkeiten, die in Bezug auf Evolution auftreten können, werden adressiert.

2.2.1. Lehrpläne

Die gesetzliche Grundlage, welche Inhalte in der Schule in dem jeweiligen Fach unterrichtet werden, werden von den Lehrplänen festgelegt. Es liegt jeweils ein getrennter Lehrplan für die AHS Unterstufe als auch für die AHS Oberstufe vor.

In dem Dokument der Unterstufe kommt die Forderung, Inhalte der Evolution zu unterrichten, ein einziges Mal explizit in den vier Schulstufen vor, nämlich in der dritten Klasse unter dem Gesichtspunkt: „[...] Entwicklungsgeschichte der Erde und des Lebens, einschließlich des Menschen zu behandeln“ (BMBWF 2000: S. 4). In den anderen drei Schulstufen finden sich keine direkten Angaben, um Themengebiete der Evolution zu unterrichten, wohl aber sehr häufig die impliziten Nennungen mit der Phrase „Zusammenhänge zwischen Bau, Lebensweise und Umwelt zu erläutern/ erklären/ erarbeiten etc.“ (ebd. 2000: 3ff). Also rechtlich und gesetzlich gesehen, könnten Thematiken wie Variation innerhalb einer Population oder warum dieser Organismus an jenes System adaptiert ist, auch in einer vereinfachten Sprache und Form ab der ersten Klasse angesprochen werden. Besonders auffällig ist, dass es bei den allgemein definierten Themenbereichen zur gesamten Unterstufe zu keiner einzigen Erwähnung der Evolution bzw. der evolutionären Prozesse kommt.

In der Oberstufe muss unterschieden werden, da im Jahr 2017 ein neuer Lehrplan eingeführt worden ist und somit der Lehrplan aus dem Jahr 2004 nicht mehr relevant ist. Die Kategorisierung zu dem Oberstufenlehrplan 2004 findet man bei WÄGER (2017). Die neue gesetzliche Vorlage aus dem Jahr 2017 führt die sogenannten Basiskonzepte der Biologie ein. Insgesamt wurden sieben dieser Konzepte definiert und eines davon lautet „Variabilität, Verwandtschaft, Geschichte und Evolution“

(BMBWF 2017). Jene sollen dabei helfen, grundlegende Abläufe in der Biologie, die immer wieder auftauchen, zu verstehen. Da es, wie in anderen Wissenschaften auch, zu immer größeren Wissensmengen kommt, die weder ein/e Schüler/in noch eine andere Person fassen kann, ist es sehr wohl sinnvoll, nicht die Lerninhalte im Lehrplan aufzuzählen, sondern grundsätzliche Konzepte zu erstellen. Diese können und sollen dann mit verschiedenen Inhalten gefüllt und verknüpft werden, doch der Fokus liegt danach auf dem Verständnis der Konzepte und nicht auf dem Erlernen von Wissensinhalten. Die Lerninhalte für die einzelnen Schulstufen beziehungsweise der einzelnen Semester wurden aber noch beibehalten und schwächen dadurch die Herangehensweise der Basiskonzepte ein wenig. Die Thematik der Evolution wird in der Oberstufe in dem 6. Semester (Kompetenzmodul 6, 7. Klasse) unter dem Punkt „Entstehung und Ordnung biologischer Vielfalt“ das erste Mal effektiv erwähnt. Der Fokus des Themenkomplexes der Evolution liegt aber in der gesamten 8. Klasse, sowohl im 7. Semester als auch im 8. Semester (ebd. 2017).

2.2.2. Schulbuch

Das Schulbuch ist eines der am häufigsten verwendeten Medien im Klassenraum in der Schule. Trotz zahlreicher anderer Möglichkeiten wie zum Beispiel Filmen, Arbeitszetteln, Tafeln, Internet und vieler anderer mehr ist die Popularität des Schulbuches ungebrochen (vgl. ALEIXANDRE 1994: S. 521; vgl. VOLLSTÄDT 2003: S. 96; SITTE 2013). Das Schulbuch hat sich in der gesamten Zeit als Lehrmittel sicherlich sehr gewandelt, von einfachen Hilfstexten hin zu umfassenden Arbeits- und Lehrbüchern. Es wird sich gewiss auch weiterhin verändern, sehe man sich nur die Entwicklung der eBooks oder anderer digitaler Zugänge zu den Schulbüchern an. Es wird sehr wahrscheinlich als Leitmedium bestehen bleiben aber mit vielen digitalen, sogenannten neuen Medien erweitert werden (BATZNER 2006).

Das Schulbuch ist nicht nur eine hilfreiche Lernunterlage für den/die Schüler/in, sondern auch meistens eine sehr gern gesehene Unterstützung der Lehrperson. Viele Lehrer/innen verwenden die Schulbücher als eigene Vertiefung und Lernunterlage für ihre Vorbereitung des Unterrichts. Es bestätigt auch die Masterarbeit von HOESLI, dass sich sehr viele Lehr/innen (über 40%) im Volksschulbereich aber auch im Sekundarbereich das Schulbuch zunutze machen, um selbst Lerninhalte zu erlernen (HOESLI 2012: S. 48). Es sollte außerdem darauf kurz hingewiesen werden, dass viele Lehrpersonen diese Materialien zur Fortbildung und Vertiefung dringend brauchen, da

Lerninhalte im Forschungsbereich der Evolution in der Ausbildung von Lehrer/innen meist zu kurz kommen oder nur sehr mangelhaft vorhanden sind (vgl. SANDERS et al. 2016).

Auch eine zweite Funktion erfüllen Schulbücher für die Lehrperson, denn sie sind eine sehr gute Basis, was und wie im Unterricht gelehrt werden soll. Nicht umsonst schreibt auch Patricia Urban in ihrem Artikel, dass die Schulbücher der einzelnen Fächern der geheime Lehrplan in der Schule sind (URBAN 2014). Da die Inhalte, die im Schulbuch stehen, dann auch von den Lehrer/innen unterrichtet werden, liegt dem Schulbuch eine zentrale Rolle im Schulwesen inne und sollte daher auch in der fachdidaktischen Forschung nicht vernachlässigt werden.

Eine Definition für das Schulbuch an sich, ist schwieriger zu geben als gedacht, da ein Schulbuch keiner klaren Zuordnung folgt, wie bei Bölsterli vermerkt ist:

„Es besteht somit eine gewisse Uneinigkeit, ob der Begriff Schulbuch sich auf Drucksachen beschränkt oder alle mit dem Schülerbuch mitgelieferten Medien beinhaltet“ (BÖLSTERLI et al. 2015: S. 4).

In dieser Arbeit soll das Schulbuch als nur das Medium definiert werden, das die Schüler/innen in gedruckter Form zur Verfügung haben. Das schließt jegliches E-Learning, weitere Online - Inhalte der Schulbuchverlage oder auch Lehrer/innen Begleithefte aus. Eine weitere etwas andere und ältere Definition des Schulbuches findet man bei McMurray et al.:

„A textbook was a simplified version of an organised body of knowledge matched to the limitations of a targeted immature learner. It was arranged as a course of study, so that the chapters would be studied in sequence, later ones presuming understanding of earlier“ (MCMURRAY et al. 1955: 17f).

Hier wird auch schon darauf eingegangen, dass die Schulbücher die Funktion der aufeinander aufbauenden Kapitel und des Lehrstoffes haben sollten. Eine klare Definition des Schulbuches wird am ehesten dadurch gegeben, wenn das Schulbuch über dessen Aufgaben, welche es zu erfüllen hat, definiert wird.

Jene Aufgaben, die ein Schulbuch erfüllen soll, sind zahlreiche und vielschichtige Funktionen, wie Drumm angibt:

„Das Schulbuch soll den Unterricht unterstützen und strukturieren, Fachwissen aktualisieren, methodische Anregungen, Aufgaben und

Übungen, Grafiken und Bilder bieten, den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler mit zentralen Inhalten verknüpfen [...]“ (DRUMM 2013: S. 389)

In Österreich kommt seit dem Schuljahr 2017/18 noch die Semestrierung der Jahre und seit dem Jahr 2018/19 die Implementierung der Basiskonzepte im Fach Biologie hinzu. Das bedeutet, dass die Schulbücher alles in zwei Semester und nach Lerninhalten unterteilen sollen, aber gleichzeitig die Lerninhalte miteinander und mit den Basiskonzepten verknüpft werden sollten. All jene genannten Forderungen sind für ein Schulbuch fast nicht zu erfüllen, es scheint eher unmöglich all diese zugleich zu meistern. Dennoch gibt es unter den Schulbüchern große Unterschiede in der Qualität und in der Erreichung der Ziele. Obwohl alle Schulbücher durch eine staatliche Approbation geprüft werden, so heißt dies nicht automatisch, dass es unbedenklich zu übernehmen ist und man sich keine Gedanken über die fachlich korrekten Informationen, die Themenauswahl oder die Aufbereitung machen sollte.

Ein Schulbuch muss in Österreich durch ein Gutachten genehmigt werden und wird erst nach dieser Prüfung durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) als Lehrmittel zugelassen. Bei der Überprüfung wird kontrolliert, ob das Schulbuch die jeweiligen Bildungsstandards, die Kompetenzorientierung und sonstige Erfordernisse der jeweiligen Schulstufe erfüllt. Außerdem heißt es im Schulunterrichtsgesetz, dass diese auch fächerübergreifende Kompetenzen und Bildungsziele beinhalten sollen. Dieses Gutachten wird von einer Gutachterkommission erstellt, die aus mehreren Sachverständigen besteht, die für vier Jahre beauftragt sind, diese Tätigkeit auszuüben. Jede Kommission wählt eine/einen Vorsitzende/n aus, der sowohl Bericht erstattet und Ergebnisse weitergibt, als auch bei unentschiedenen Abstimmungen das Entscheidungsrecht hat (BMBWF 1986: §15). Diese Überprüfung kann je nach Arbeitsaufwand und Schulbuch einige Monate oder länger dauern (Veritas Verlag o. J.). Es wird einen Unterschied machen, ob ein Schulbuch komplett neu auf den Markt kommt und von Grund auf überprüft werden muss, oder ob es sich nur um eine Neuauflage eines schon vorhandenen überprüften Schulbuchs mit kleinen Veränderungen handelt. Die Kommission schickt dann das Manuskript des Lehrbuchs mit Anmerkungen zur Veränderung zurück an den Verlag und diese müssen dann durchgeführt werden. Erst nach der Schulbuchapprobation kann dann das Schulbuch finalisiert und gedruckt werden und findet Einzug in die Schulbuchliste der Schulbuchaktion (BMBWF o. J.).

Der gesamte Prozess der Entstehung eines Schulbuches, von dem Schreiben der Autoren bis hin zur Überprüfung und dann die Ankunft in den Klassenzimmern, kann schon mal einige Jahre dauern (URBAN 2014). Dies zählt sicherlich zu einem der größten Nachteile eines Schulbuches, da diese immer, mit ein paar Jahren Verspätung, „veraltet“ in die Klassenräume kommen. Diese Zeitverzögerung an sich wäre noch nicht so dramatisch, doch sehr problematisch wird es, wenn sich Lehrer/innen zu sehr auf das Schulbuch verlassen und somit nichts Aktuelles in ihren Unterricht implementieren. Ein zweites Problem kann auch auftreten, da vielleicht Fortschritte und neue Erkenntnisse in der Wissenschaft gemacht wurden und manche Inhalte des Schulbuches nicht aktualisiert wurden und deshalb eigentlich nicht mehr dem aktuellen Wissensstand entsprechen.

Wie sollten nun Schulbücher nach neueren Forschungen strukturiert und aufgebaut sein, beziehungsweise welche Bildungsstandards sollten in diese Lehrmedien mitaufgenommen werden? Ein wichtiger Aspekt den es zu beachten gilt, ist die kognitive Textverarbeitung. Diese wird von FUCHS et al. (2014) auf mehrere unterschiedliche Ebenen aufgeteilt: Die erste Ebene, die diese beschreiben, bezieht sich auf das Layout, Schriftart, -größe etc. und ist für das Lesen und die Aufnahme des Textes eine wichtige Komponente. Die zweite Ebene, die die Autoren aufzählen, bezeichnen sie als diejenige, in der die semantisch-syntaktische Verarbeitung stattfindet. Dies bedeutet, dass Formulierungen die Verständlichkeit und den Sinn des Inhaltes entweder unterstützen oder auch hemmen können (ebd. 2014: S. 63). Der komplizierte Sprachgebrauch mit vielen Fachbegriffen wird ebenfalls kritisiert und es wird empfohlen ein Glossar anzulegen, in dem gesammelt alle Begriffe erklärt werden sollen. Die Verwendung unterschiedlichster Fachbegriffe wurde auch schon von Graf für die Biologieschulbücher kritisiert, der auch fordert, dass weniger Synonyme verwendet werden und jene wenigen Fachbegriffe dann klar definiert werden sollen (GRAF et al. 2008).

Eine weitere, wichtigere Implementierung wäre, gewisse Standards einzuführen. Zuerst wäre zu analysieren, welche biologischen Konzepte wann und weshalb gelernt werden sollten, damit man nach diesem Schema dann die Schulbücher strukturieren kann. Die geforderten Bildungsstandards könnten durch die „Science Literacy Maps“, die von der American Association for Advance of Science (AAAS) schon herausgearbeitet worden sind, herangezogen und auf die Schulbücher übertragen werden (AAAS 2001). Ähnliche Forderungen von der Implementierung eines

Zusammenhangs und Kohärenz der Schulbücher stellen auch andere Autoren in der Biologie, zum Beispiel für die Themen der Genetik im Schulbuch (MARTÍNEZ-GRACIA et al. 2006: S. 58) oder auch ROSEMAN et al. (2010) die erklären, dass gerade die Schulbücher auch auf das Vorwissen der Lernenden zugreifen und dies nur mit durchgehenden und zusammenhängenden Texten möglich ist (ebd. 2010: S. 48). Diese Implementierung gewisser Standards und der Stimmigkeit in den Schulbüchern ist aber nur die eine Hälfte der Medaille, es benötigt dann weiters eine unabhängige Überprüfung, ob dies auch wirksam und erfolgreich ist oder nicht. Schon 1989 forderten Tyson et. al., dass die Schulbücher durch die Selektion der verschiedenen Gremien besser überprüft werden sollten (TYSON et al. 1989: S. 17). Es gibt zahlreiche Schulbuchraster, die eine Überprüfung der unterschiedlichen Schulbücher in Hinsicht auf die verschiedenen Fächer, Methoden und empirischen Herangehensweisen ermöglichen und eine gewisse Qualitätssicherung bei den Schulbüchern darstellen (BÖLSTERLI et al. 2015: S. 5).

Das Schulbuch sollte eben nicht nur mehr Wissensvermittlung betreiben, sondern vielmehr die Konzepte und Basisideen der jeweiligen Fächer näherbringen und miteinander verknüpfen. Einzelne Wissens Elemente sind mit dem Aufkommen des Internets nicht mehr die höchste Priorität, da sie überall nachgelesen werden können, doch die Verknüpfung dieser einzelnen Wissens Elemente untereinander und die Einbettung in ein größeres Wissenskonstrukt wären die neuen Aufgaben des Schulbuches. Solche Entwicklungen in den Schulbüchern wären möglich, wenn mit der Einführung der neuen Basiskonzepte für die Sekundarstufe II begonnen wird. Für die österreichischen Schulbücher würde sich weiters auch das Kompetenzmodell der Naturwissenschaften eignen. Dieses könnte in die Schulbücher eingegliedert werden, um so eine bessere Kohärenz innerhalb und zwischen den Schulbüchern zu schaffen.

2.2.3. Lernen durch Learning Progressions

Es ist schon viel erforscht worden, wie das Lernen bei Schüler/innen funktioniert und wie dies verbessert werden kann. Es weisen einige Studien darauf hin, dass viele Lernende Schwierigkeiten haben, die verschiedenen Konzepte miteinander zu verknüpfen (ROSEMAN et al. 2010: S. 48). Dies liegt auch daran, dass schon in frühen Jahren angefangen wird, Konzepte zu lernen und zu entdecken. Schon Kleinkinder, bevor sie in Berührung mit wissenschaftlichem Lernen im Kindergarten oder später in der Schule kommen, haben schon ihre Erfahrungen und Vorstellungen gemacht (NRC

2007: S. 53). Viele haben dann später ein Problem, die neuen Überlegungen in ihr altes System aufzunehmen, da das Neue nicht ihrer erfahrenen Wahrnehmung entspricht. Aus solchen Missständen können sich große Lernschwierigkeiten ergeben (ebd. 2007: S. 93). In letzter Zeit wird immer häufiger die Implementierung einer sogenannten „Learning Progression“ (LP) gefordert. Unter solchen Learning Progressions versteht man:

„Learning progressions are descriptions of the successively more sophisticated ways of thinking about a topic that can follow one another as children learn about and investigate a topic over a broad span of time“ (ebd. 2007: S. 214).

Diese LP werden zurzeit von so vielen Wissenschaftler/innen als neue Möglichkeit des Lernens geschätzt (DUSCHL et al. 2011: S. 124), da erstens ihre Basis in der wissenschaftlichen Untersuchung, wie Personen Konzepte lernen, liegt und zweitens fokussieren sie sich eben mehr darauf, das Verständnis zu vertiefen und die Komplexität eines Konzeptes zu erhöhen als immer neue Informationen und Details hinzuzufügen (DUNCAN et al. 2013: S. 396). Man lernt also nicht mehr in abgeschlossenen Einheiten und Kapiteln, sondern es sollte eine Verschiebung erfolgen hin zu koordinierten Sequenzen, die aufeinander aufbauen und abgestimmt sind (DUSCHL et al. 2011: S. 124). Dieses aufeinanderfolgende Lernen wird auch mit den sogenannten „Stepping – Stones“ verknüpft, die Stufen innerhalb eines Themenkomplexes oder Konzepts anbieten sollen, die die Schüler/innen passieren müssen, um später Folgendes richtig einordnen und lernen zu können (DUNCAN et al. 2013: S. 396). Diese Zwischenschritte werden als Konzepte innerhalb eines größeren Themenkomplexes/ -konzeptes definiert und diese ermöglichen auch die Beurteilung der Schüler/innen durch die Lehrperson, denn diese Konzepte können wiederum abgeprüft werden. Die Learning Progression ist somit nicht nur ein Werkzeug zur Strukturierung eines Themas beziehungsweise des Unterrichts, sondern auch ein Werkzeug zur Überprüfung der Leistungen und des Wissenstandes der Lernenden (FURTAK 2012: S. 1182).

Um die Nutzung des Wortes Konzept für diese Arbeit besser zu verstehen, sollte hier versucht werden eine Definition anführen zu können. Ein Konzept wird als eine gewisse Vorstellung über einen bestimmten Sachverhalt gesehen (EICHHORN-JOHANNSEN et al. 2005: S. 27). Diese Vorstellungen oder auch Konzepte werden gebildet, wenn die Lernenden mit einer neuen Problemsituation konfrontiert werden

(CASTÉRA et al. 2008: S. 53). Die Vorstellungen beziehungsweise Konzepte können durch die Wissenschaft vorgegeben sein, doch diese meisten Konzepte werden nicht von den Lernenden sofort akzeptiert, da diese erst ihre alten Vorstellungen und eigens entwickelte Konzepte ablegen müssen.

Die Konzepte sind wichtig, da sie sowohl als vorhandene Überlegungen, die mehr oder weniger wissenschaftlich sind, und Ideen bei Lernenden dienen, als auch als Grundstruktur in der didaktischen Forschung angesehen werden. In sehr vielen Bereichen und Themen der Naturwissenschaften sind unzählige Konzepte, sowohl den Inhalt als auch die Vermittlung betreffend, entworfen und aufgebaut worden. Diese Konzepte dürfen dann aber wiederum nicht einfach nacheinander vermittelt und abgeprüft werden, sondern müssen miteinander verwoben und einheitlich gelehrt werden. Dies betrifft nicht nur den Unterricht sondern auch die Schulbücher, da sich diese noch sehr linear konstruieren (ebd. 2008: S. 57). Dies sollte nicht mehr vorkommen, da es nicht mehr ausreicht, wie auch Castéra et al. mitteilt:

„Simple, linear and causal models are certainly necessary to introduce genetic concepts. But secondary school textbooks cannot limit themselves to such simple examples and mechanisms” (ebd. 2008: S. 59).

Diese Learning Progressions sind meistens so aufgebaut, dass sie über einen längeren Zeitrahmen (mehrere Semester oder Jahre) andauern. Bei der Entwicklung dieser wird ein unterer Anker (lower anchor) und ein oberer Anker (upper anchor) eingesetzt (DUSCHL et al. 2011: 150f). Die untere Abgrenzung soll einen leichten Einstieg in die Thematik bieten und auf Alltagsvorstellungen und Vorstellungen der Lernenden eingehen. Eine wichtige Komponente, die bei Kleinkindern nicht außer Acht gelassen werden sollte, ist hier die Berücksichtigung der „theory of mind“:

„A theory of mind affords the understanding that knowledge can be subjective and people may have different interpretations of natural phenomena” (ebd. 2011: 130f).

Neben den unteren Begrenzungen, die einen guten Anknüpfungspunkt setzen sollen, sind die oberen Begrenzungen die Ziele der jeweiligen Learning Progression. Diese sind sehr unterschiedlich, je nachdem welche Schulstufe/ welches Alter die letzte Stufe ist. Das Ziel einer Learning Progression sollte immer in ein tieferes Verständnis der Wissenschaft und deren Praktika resultieren.

Wenn diese LP richtig in die Schulbücher, den Unterricht etc. eingegliedert sind, können diese folgenden Effekt haben:

„[...] are conceived as strategically developed cycles and sequences of instructional activities that guide learning pathways. The instructional agenda is to engage learners in successively more sophisticated ways of knowing and thinking about ideas, evidence, claims and/or practices that deepen and broaden as the students moves [sic!] through learning progressions” (ebd. 2011: S. 131).

Die Learning Progressions setzen direkt bei dem lerntheoretischen Ansatz des kumulativen Lernens an. Dies bedeutet, dass Neues nicht einfach additiv hinzugefügt wird, neue Begriffe und Definitionen gelernt werden, sondern das bestehende Vorwissen wird mit neuen Kompetenzen und Lerninhalten erweitert (KATTMANN 2003: S. 123). Es zeigen Untersuchungen, dass diese Art des Lernens mehr Verbindungen zwischen den einzelnen Lerninhalten herstellt und die Schüler/innen später auch die Zusammenhänge besser verstehen und erklären können als wenn sie dies nur additiv gelernt hätten (NEHM et al. 2009). Die vertikale Verknüpfung, die Verbindungen zwischen den einzelnen Schulstufen, der verschiedenen Inhalte wäre somit mit einer kumulativen Lerntheorie und einer Learning Progression gegeben. Die horizontale Vernetzung bedeutet, dass Lerninhalte innerhalb einer Schulstufe bei den unterschiedlichen Themen und Kapiteln miteinander vernetzt werden und Verweise eingefügt werden. Diese Verbindungen sind durch eine Learning Progression nicht direkt automatisch vorhanden, können aber durch die konsequente Anwendung der LP auch in anderen Themenbereichen innerhalb einer Schulstufe sehr gut die Verknüpfungen herstellen.

Dieses Kapitel abschließend ist zu sagen, dass eine, auf die im Lehrplan vorkommenden sieben Basiskonzepte beruhende, Learning Progression sehr hilfreich für den Unterricht, das (Er-) Lernen und auch für die Biologiebücher wäre.

3. Methode

In diesem Kapitel soll geklärt werden, wie die Schulbücher analysiert und welche Herangehensweise gewählt wurde. Der Schwerpunkt der Analyse liegt bei einer qualitativen Untersuchung des Vorhandenseins der unter Punkt 3.2. beschriebenen Konzepte.

3.1. Schulbuchanalyse

Das Erforschen der Schulbücher nimmt in letzter Zeit eine immer größere Bedeutung ein. Schließlich wird dem Schulbuch selbst, wie im Kapitel 2.2.2. beschrieben, immer noch eine große Wichtigkeit zugeschrieben, deshalb ist es nicht verwunderlich, dass die Forschung darüber ebenfalls zunimmt. Die Schulbuchforschung ist auf keinen Fall eine neue Forschungsrichtung, wie zahlreiche alte Studien über die Untersuchung nicht nur von Schulbüchern, sondern generell von Lehrmitteln zeigen. Das führt auch zum nächsten Punkt, denn „die eine Schulbuchforschung“ gibt es nicht (FUCHS et al. 2014: S. 21). Die Lehrmittel, unter die auch Schulbücher fallen, sind sehr verschiedenartig, sowohl in fachlicher, methodischer als auch thematischer Hinsicht. Eine allgemeingültige Methode der Schulbuchforschung ist also nicht gegeben und wäre auch in diesem Forschungsbereich nicht sehr sinnvoll, weil verschiedene Autor/innen mit mannigfachen Fragestellungen auf ganz unterschiedlichen Ebenen an die schulbezogenen Texte herangehen (ebd. 2014: S. 24). Der theoretische Ansatz, der für diese Arbeit gewählt wurde, findet sich in den lernpsychologischen Ansätzen wieder, wie auch im Kapitel 2.2.3. beschrieben worden ist. Ein Wissensaufbau in einer kumulativ aufbauenden Weise ist sehr dienlich bei dem Verständnis von Konzepten und dem Aufbau einer Lernkurve. Jene Vertreter/innen dieser Forschungsrichtung fordern, dass die Lehrmittel und die Schulbücher nicht nur zur Vermittlung verwendet werden sollen. Vielmehr geht es darum, wie das Schulbuch die Lernprozesse der Schüler/innen so strukturieren und steuern kann, damit eine kognitive Eigenständigkeit der Lernenden erreicht wird und deren Denkprozesse unterstützt und angeregt werden.

Die gewählte Analysemethode, die diese schrittweise und stufige Vermittlung und Prozessbegleitung der Lernenden ermöglicht, ist mit einer „Concept Map“ für diese Arbeit verwirklicht worden. Diese Form wird immer häufiger in verschiedenen Studien angewendet (vgl. WALLACE et al. 1990: S. 1034; MARTÍNEZ-GRACIA et al.;

GREGORY; GREGORY 2009). Da eine Concept Map für das Thema der Arbeit nur teilweise und noch nicht komplett vorlag, wurde im Zuge dieser Arbeit eine erstellt. Diese Concept Map ist der Ausgangspunkt der Analyse und anhand dieser wurden die beiden Schulbuchreihen untersucht.

Die vorliegende Concept Map basiert auf den Karten der Science Literacy Maps, die im Zuge des Projektes 2061 von der AAAS angefertigt wurden (AAAS 2016). In diesem Projekt wurden gewisse Bildungsmaßstäbe und -standards (sogenannte „Core Ideas“) für verschiedene Themen in den unterschiedlichen Naturwissenschaften für die Lernenden von fünf/sechs Jahren (Kindergarten) bis zu 17/18 Jahren (Grade 12) ausgearbeitet. Es wurden insgesamt vier Ziele in den Lebenswissenschaften, die jeweils einige Unterpunkte beinhalten, definiert (COUNCIL 2012: S. 142). Für die erarbeiteten Konzepte in dieser Arbeit wurden die beiden Core Ideas “Heredity: Inheritance and Variation of Traits” und “Biological Evolution: Unity and Diversity” zur Hilfe herangezogen. Die Science Literacy Maps sollen aufzeigen, wie die SchülerInnen die verschiedenen Core Ideas mithilfe von unterschiedlichen Konzepten, die als Zwischenziele und wichtige Zwischenschritte fungieren, erlernen. Diese Konzepte sind in den Karten als eigenständige Felder zu finden. Ein Ausschnitt aus einer Karte soll hier angeführt werden, um ein Beispiel zu geben, wie solche Karten aussehen.

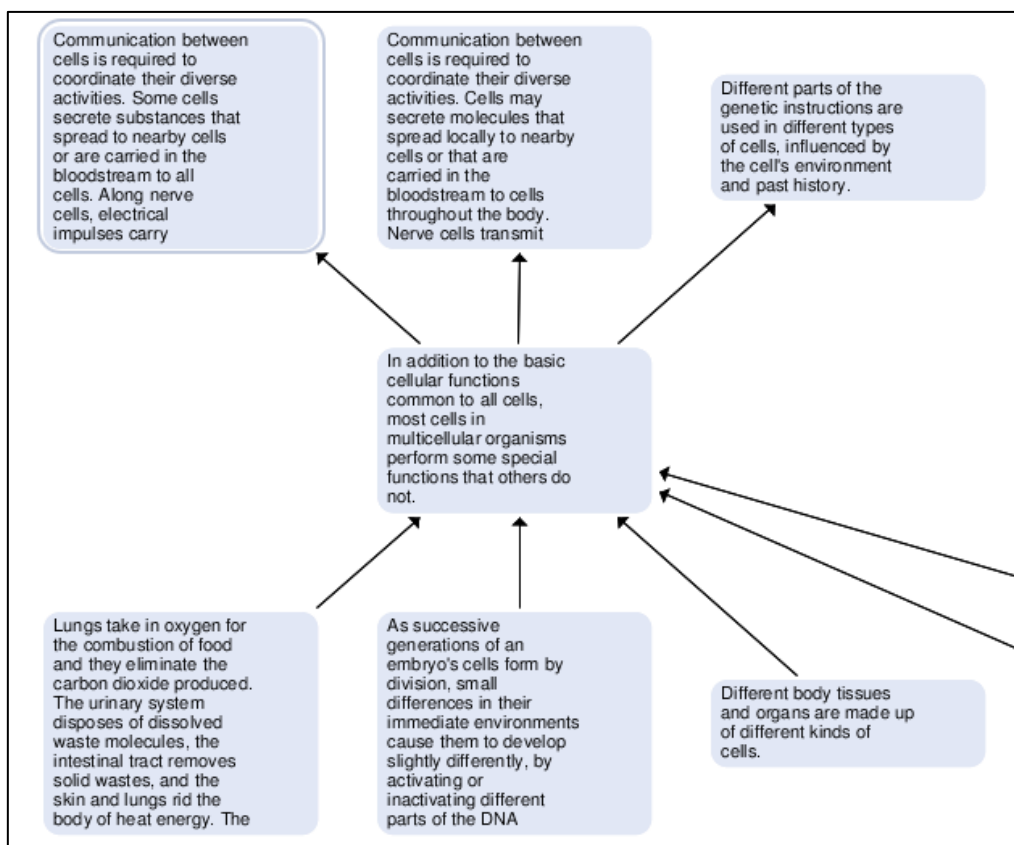


Abb. 3: Strandmaps Quelle: <http://strandmaps.dls.ucar.edu/index.html?id=SMS-MAP-1405>

Die verschiedenen Konzepte wurden anhand verschiedener Altersklassen auf ihre Verständlichkeit und Lernfähigkeit erprobt und die Ergebnisse stellen die zeitliche Zuordnung der Konzepte an die Altersgruppen dar.

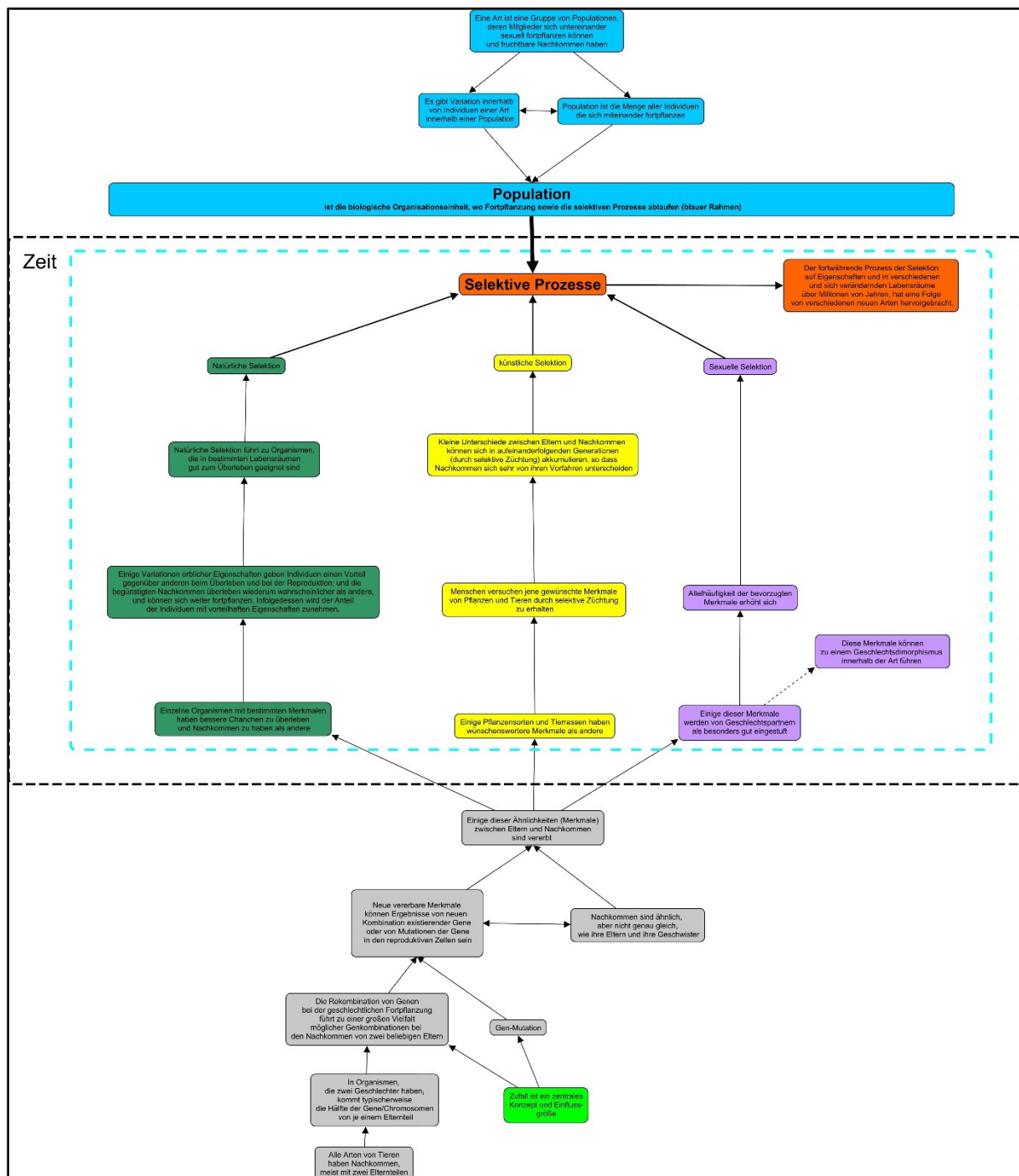
Bis zu 100 dieser Karten wurden zuerst in zwei Printwerken den „Atlas of Science Literacy Volumes 1 and 2“ veröffentlicht (AAAS 2001). Danach wurden die Karten auch digitalisiert und online herausgegeben (ebd. 2016). Dies bietet dem/der Anwender/in noch mehr Möglichkeiten, unter anderem werden weitere Informationen gleich bei den Konzepten hinterlegt.

3.2. Concept Map

Bei der Erstellung der Concept Map für die Analyse wurde zuerst recherchiert, wie den Schüler/innen ein aufbauendes Lernen ermöglicht wird, damit sie am Ende der Schulzeit dann das Konzept der Selektion verstehen und dadurch fähig sind, einen Teil der gesamten evolutionären Prozesse zu verstehen. Zuerst wurde die Concept Map nach den verschiedenen Konzepten ähnlich wie bei den Science Literacy Maps gebildet. Diese beinhaltete sehr viele Konzepte und Verzweigungen und es wurden schon der eine oder andere Themenkomplex mit einer Farbe gekennzeichnet, wie unten genauer beschrieben wird. Der erste Entwurf der Analysekarte kann im Anhang unter 7.2. angesehen werden. Nach einer Überarbeitung wurden dann einige nicht so zentrale Konzepte wieder von der Karte entfernt. Dies ist bezüglich der besseren Übersicht und Klarheit durchgeführt worden. Auch in Bezug auf die spätere Anwendung als Analyseraster musste auf einige Verzweigungen und Konzepte verzichtet werden, aber es ist dem Autor sehr wohl bewusst, dass die einzelnen noch vorhandenen Konzepte der drei Selektionsarten sehr viele Verzweigungen und Überschneidungen besitzen. Weiters wurden bei der Überarbeitung die verschiedenen Themen durch eine neue Anordnung und Einfärbung besser hervorgehoben. Die fertige Concept Map wurde im Prozess der Überarbeitung auch mit einer zweiten Person diskutiert und verbessert, um ein bestmögliches und vollständiges Analyseinstrument zu schaffen.

Die auf der nachfolgenden Seite zu findende finale Concept Map beinhaltet insgesamt fünf verschiedene Themenbereiche, die auch farblich so gekennzeichnet wurden. Es handelt sich um die Themen: Population (blau), natürliche Selektion (dunkelgrün), künstliche Selektion (gelb), sexuelle Selektion (lila) und Fortpflanzung und Vererbung (grau). Weiters gibt es dann noch zwei weitere Farben, einerseits das Konzept des

Zufalls (in neongrün) und die hoffentlich entstehende Synthese beziehungsweise das Ergebnis des gesamten Lernkonstruktes (in orange). Der Begriff „Merkmal“ ist in den Konzepten sehr oft vorhanden, damit ist grundsätzlich



Concept Map 1: Analyseraster, höhere Auflösung im Anhang 7.3

immer ein phänotypisches Merkmal gemeint. Im Kapitel 2.1.2 über Fortpflanzung und Vererbung wird dies genauer erklärt.

Die beiden Rahmen um die Selektionsarten beziehen sich sowohl auf den Populations- als auch auf den Zeitaspekt. Der blaue strichlierte Rahmen soll den Populationsgedanken darstellen. Dieser soll bei allen Konzepten, die dieser Rahmen

einschließt, angewendet werden. Bei der Analyse werden dann nur jene Konzepte blau umrahmt, die auch die Populationsebene miteinbeziehen. Alle drei Selektionsformen stehen also im Bezug zu der Populationseinheit und dies sollte sowohl in den Schulbüchern als auch bei den Schüler/innen immer präsent sein. Ebenfalls sollte die Zeitkomponente, wie im Kapitel 2.1.2.2. ausführlicher beschrieben ist, immer bei den Konzepten angewendet werden. Deshalb befindet sich rund um die drei verschiedenen Selektionsformen auch der schwarz-strichlierte Rahmen.

Nun werden die einzelnen Konzepte der verschiedenen Themenkomplexe genauer erklärt.

Als erster Komplex mit seinen zugehörigen Konzepten wird der Themenbereich Fortpflanzung und Vererbung beschrieben. Bezüglich der Einfachheit wird auch das Konzept des Zufalls hier mitbeschrieben.

(1) Alle Arten von Tieren haben Nachkommen, meist mit zwei Elternteilen

Dies soll einen leichten Einstieg darstellen und als Basis dienen, um die später folgenden Konzepte besser verstehen zu können. Auch wenn es natürlich klar ist, dass es sehr wohl auch asexuelle Vermehrung bei Lebewesen gibt. Ein Beispiel wäre die Sprossung bei Hefe oder die Querteilung bei *Paramecium sp.*.

(2) In Organismen, die zwei Geschlechter haben, kommt typischerweise die Hälfte der Gene/ Chromosomen von je einem Elternteil

Dieses Konzept soll das vorherige spezifizieren und weiter ausarbeiten. Auch hier muss dazugesagt werden, dass es sich um eine Generalisierung und Vereinfachung handelt, da es zu Ausnahmen kommen kann. Bsp.: Haplodiploidie bei Hymenopteren.

(3) Die Rekombination von Genen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung führt zu einer großen Vielfalt möglicher Genkombinationen bei den Nachkommen von zwei beliebigen Eltern

Bei der Rekombination von Genen können zwei Arten unterschieden werden, einerseits die zufällige Verteilung der Chromosomen bei der Meiose (Bildung der haploiden Gameten) und andererseits die zufällige Rekombination bei der Befruchtung (Crossing - over). Als Beispiel der Mensch: Beim Menschen gilt $2n = 23$, das bedeutet, dass es 2^{23} Möglichkeiten pro Keimzelle gibt. Dies heißt für einen Nachkommen zwei beliebiger Eltern gibt es $2^{23} \times 2^{23} = 2^{46}$ Möglichkeiten (über 70 Billionen Möglichkeiten) alleine durch die Rekombination.

(4) Gen - Mutation

Mutationen im Genom sind der Motor der Variation und daher ein Grundbaustein der Evolution. Sie sind sehr selten, da die DNA Replikation sehr effizient und genau abläuft, doch hin und wieder passieren Fehler. Diese können sich dann verschieden auswirken und zu einer Veränderung führen. Als Beispiel wiederum der Mensch: die Mutationsrate pro Base ist eher gering, doch aufgrund der Größe des Genoms finden ca. 30 Neumutationen pro produziertem Gameten statt (FUTUYMA et al. 2017: S. 91).

(5) Neue vererbte Merkmale können Ergebnisse von neuen Kombination existierender Gene oder von Mutationen der Gene in den reproduktiven Zellen sein

Dies ist die Kombination der beiden vorherigen Konzepte. Es können sich unzählige neue Merkmale durch die Mutationsraten plus die Rekombinationsmöglichkeiten ergeben.

(6) Nachkommen sind ähnlich, aber nicht genau gleich, wie ihre Eltern und Geschwister

Dies ist die logische Schlussfolgerung aus den vorangegangenen Konzepten, dass jedes Individuum einzigartig ist und sich genetisch als auch phänotypisch voneinander unterscheidet, dass es aber auch manche Merkmale/ Gene mit seinen Verwandten teilt.

(7) Einige dieser Ähnlichkeiten (Merkmale) zwischen Eltern und Nachkommen sind vererbt

Damit jeglicher selektive Prozess ablaufen kann, müssen die unterschiedlichen Merkmale auf die darauffolgende Generation weitergegeben werden können.

(8) Zufall

Die Bedeutung des Zufalls wird immer wieder im Biologieunterricht unterschätzt und nicht klar ausgedrückt. Aber gerade, weil in der Biologie häufig etwas vom Zufall abhängig ist, sollte dieser nicht außer Acht gelassen werden und deshalb ist dieser als eigenes Konzept (eigene Farbe) angeführt.

All diese Konzepte befinden sich im Bereich Fortpflanzung und Vererbung, der relativ früh in der Schule gelernt werden und gefestigt sein sollte, damit spätere Lernprozesse ermöglicht werden können. Dies muss nicht in den ersten Klassen der Sekundarstufe I vonstattengehen, es sollten auch viele Konzepte schon früher z.B. ab dem Kindergarten gelernt und gefestigt werden.

Der zweite Bereich, der genauer untersucht wird, ist der Populationsgedanke. Da bei der Schulbuchuntersuchung von WÄGER (2017) ein wichtiges Teilergebnis war, dass der Populationsgedanke kaum oder auch gar nicht vorhanden war (SCHEUCH et al. 2018), ist dies hier ein eigener Bereich, der untersucht wird. Als Ziel dieses Bereiches wurde definiert, dass die Schüler/innen bei evolutionären Zusammenhängen nicht das Individuum, sondern die Population als Organisationseinheit vor Augen haben.

(1) Eine Art ist eine Gruppe von Populationen, deren Mitglieder sich untereinander sexuell fortpflanzen können und fruchtbare Nachkommen haben

Dies ist die Definition einer Art über das biologische Artkonzept und für populationsbezogene Thematiken in der Biologie sicherlich die bevorzugteste Herangehensweise. Dies sollte die Ausgangsbasis sein und deshalb den SchülerInnen relativ früh klar vermittelt werden.

(2) Es gibt Variation innerhalb Individuen einer Art innerhalb einer Population

Wie in Kapitel 2.1.2. genauer beschrieben, ist die Variabilität der Ansatzpunkt der Selektionsprozesse. Dieses Konzept geht näher darauf ein, dass sich nicht nur Nachkommen und Eltern, wie bei den Konzepten der Fortpflanzung und Vererbung beschrieben wird, unterscheiden, sondern alle Organismen unterschiedlich sind. Es sollte klar werden, dass es große Unterschiede innerhalb von Populationen gibt.

(3) Population ist die Menge aller Individuen, die sich miteinander fortpflanzen können

Hier sollte als Zwischenschritt nochmals der Populationsgedanke mit dem Artbegriff und der Reproduktion verknüpft werden.

Der dritte eigenständige Themenkomplex ist die sexuelle Selektion, die parallel zu den anderen Konzepten zu finden ist, wie auf der Concept Map deutlich zu sehen ist.

(1) Einige dieser Merkmale werden von Geschlechtspartnern als besonders gut eingestuft

Dieses Konzept steht an der Basis zum weiteren Verständnis der sexuellen Selektion. Es sollte den Lernenden klar sein, dass verschiedene meist phänotypische Merkmale bei Organismen unterschiedliche Attraktivität bei dem anderen Geschlecht bedeuten.

(2) Diese Merkmale können zu einem Geschlechtsdimorphismus führen

Werden jene Individuen mit den bestimmten Merkmalen immer bevorzugt, kann es zu einer Selektion dieser Merkmale kommen und andere Ausprägungen

jener Merkmale verschwinden. Passiert dies nur bei einem Geschlecht, so spricht man von einem Sexualdimorphismus (=Geschlechtsdimorphismus). Ein Beispiel wären die vergrößerten Mandibeln bei *Lucanus cervus* (Hirschkäfer).

(3) Allelhäufigkeit der bevorzugten Merkmale erhöht sich

Bei der Selektion, wie weiter oben beschrieben, betrachtet man nun nicht nur das Individuum, sondern man geht von der Population aus. Jene Merkmale, die zu einem besseren reproduktiven Erfolg führen, werden häufiger als andere an die Nachkommen weitergegeben und es kommt zu einer Veränderung der Allelhäufigkeiten.

Der vierte Themenkomplex ist die künstliche Selektion in der Farbe Gelb. Auch dieser ist parallel zu den anderen Themen zu finden, wobei dieser Teil der selektiven Prozesse und deren Konzepte sicherlich früher angesprochen werden könnte als z.B. die natürliche Selektion.

(1) Einige Pflanzensorten und Tierrassen haben wünschenswertere Merkmale als andere

Dies ist das erste Konzept in diesem Themenbereich und es soll den Lernenden einen einfachen Start ermöglichen. Es ist eines der leichter zu verstehenden Konzepte in der gesamten Concept Map und ist eigentlich selbsterklärend.

(2) Menschen versuchen jene gewünschte Merkmale von Pflanzen und Tieren durch selektive Züchtungen zu erhalten

Dies ist das aufbauende Konzept und besagt, dass jene Eigenschaften, die von den Menschen genutzt werden, bevorzugt werden und durch eine zielgerichtete Selektion auf diese Merkmale hin aussortiert werden.

(3) Kleine Unterschiede zwischen Eltern und Nachkommen können sich in aufeinanderfolgenden Generationen (durch selektive Züchtungen) akkumulieren, so dass Nachkommen sich sehr von ihren Vorfahren unterscheiden

Dies soll den Lernenden dabei helfen, später die natürliche Selektion und die Artentstehung zu verstehen. Durch diesen Zwischenschritt, kann den SchülerInnen gezeigt werden, dass die Entwicklung kontinuierlich abläuft.

Der fünfte Themenkomplex behandelt die natürliche Selektion. In diesem Themenbereich könnten und müssten sehr viel mehr Konzepte vorhanden sein, aber auch hier wurde aufgrund der besseren Übersichtlichkeit und Analysefähigkeit auf

weitere Konzepte verzichtet. Die drei genannten Konzepte dienen als wichtige kognitive Zwischenschritte und sollten für das angestrebte Ziel ausreichend sein.

(1) Einzelne Organismen mit bestimmten Merkmalen haben bessere Chancen zu überleben und Nachkommen zu haben als andere

Hier wird wieder das vorhergegangene Konzept des Merkmales mit der individuellen Überlebenschance und dem Fortpflanzungserfolg des Individuums verknüpft. Man könnte dieses Konzept auch dem Begriff der biologischen Fitness zuordnen.

(2) Einige Variationen erblicher Eigenschaften geben Individuen einen Vorteil gegenüber anderen beim Überleben und bei der Reproduktion; und die begünstigten Nachkommen überleben wiederum wahrscheinlicher als andere und können sich weiter fortpflanzen. Infolgedessen wird der Anteil der Individuen mit vorteilhaften Eigenschaften zunehmen.

Hier wird das Konzept um zwei Gedankengänge erweitert. Einerseits wird hier der Gedanke des Vorteils weitergesponnen, dass die Nachkommen sehr wahrscheinlich wiederum einen Vorteil haben und andererseits, dass somit der Anteil in der Population wächst, der diese(s) vorteilhafte(n) Gen(e) trägt.

(3) Natürliche Selektion führt zu Organismen, die in bestimmten Lebensräume gut zum Überleben geeignet sind

Dieser Gedanke sollte als Abschluss der natürlichen Selektion dienen und den Schritt zum Ergebnis ebnen. Es sollte den Lernenden klargemacht werden, dass die Organismen meist für bestimmte Nischen selektiert sind. Falls sich die Lebensräume ändern, ändern sich auch die zu selektierenden Merkmale und somit auch die Population.

Die letzten drei beschriebenen Themenbereiche werden auch im Folgenden als „Säulen“ bezeichnet, da sie in ihrer Form daran erinnern. Alle Bereiche und Themenkomplexe sollen nun auf das Ergebnis (orange Konzepte) hinzielen, die einen wichtigen Teilaspekt der Evolution bilden. Neben den selektiven Prozessen an sich, die durch die drei Säulen abgedeckt werden sollten, sollte den Lernenden vor allem dann der Einfluss der Selektion auf die Entwicklung, Veränderung und Entstehung neuer Arten bekannt sein und somit ein tieferes Verständnis ermöglichen.

3.3. Datengrundlage

Der zweite Schritt der Analyse war die Auswahl des Datenmaterials. Als Datengrundlage wurden alle 17 Schulbuchreihen in Betracht gezogen, die für die AHS in Österreich zugelassen sind. Insgesamt sind dies 63 Schulbücher. Wenn eine genauere qualitative Analyse der Schulbücher durchgeführt werden sollte, wäre es natürlich wünschenswert alle Schulbücher miteinzubeziehen, da dies zeitlich aber nicht möglich ist, musste eine Auswahl getroffen werden. Es wurde festgelegt, dass mindestens zwei Schulbuchreihen analysiert werden sollten, um auch einen Vergleich anstellen zu können. Die beiden gewählten Schulbuchreihen sind die Werke „bio@school“ vom Veritas Verlag (VERITAS Verlags- und Handelsges.m.b.H. & Co. OG) und die Reihe „Begegnung mit der Natur“ vom öbv-Verlag (Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG). Nach diesen beiden Analysen sollte weiter entschieden werden, ob weitere Schulbuchreihen noch folgen sollten. Da es sich aber gezeigt hat, dass diese beiden Analysen ausreichend waren, wurden keine weiteren Schulbücher miteinbezogen.

Ein erster entscheidender Punkt, der zu der engeren Auswahl der Schulbücher geführt hat, war unter anderem die Häufigkeit des Schulbuches in österreichischen Schulen. Wenn eine Priorität unter den zu analysierenden Schulbüchern existiert, dann sollte die Häufigkeit eines der tragenden Argumente sein. Dazu wurde versucht, die Absatzzahlen der verschiedenen Schulbücher zu erlangen. Das BMBWF übermittelte die Daten der fünf am häufigsten bestellten Biologie Schulbuchreihen für das Schuljahr 2017/18 für die AHS - Unterstufe und die AHS - Oberstufe (Renner 2018). Leider wurde nur eine alphabetische Reihenfolge und keine genauere numerische Reihenfolge der fünf Schulbuchreihen mitgeteilt. Auf dieser Statistik, die im Anhang unter 7.1 zu finden ist, befinden sich beide gewählten Schulbuchreihen.

Ein zweiter Punkt, der für die Auswahl ausschlaggebend war, waren die Ergebnisse der quantitativen Analyse der Diplomarbeit von WÄGER (2017). Dieser hat unter anderem festgestellt, dass die Nennung der Population ein Schwachpunkt bei fast allen Schulbuchreihen darstellt und die Miteinbeziehung, falls sie stattfindet, sich auf die Oberstufe beschränkt. Von diesem Ergebnis ausgehend, sollten sich die zwei für die Analyse ausgewählten Schulbuchreihen in Bezug auf die Population voneinander unterscheiden, um einen aussagekräftigen Vergleich zu ermöglichen. Sieht man sich die Codierungen der Kategorie „Population“ bei den ausgewählten Schulbuchreihen an, so ergibt sich das folgende Bild, das in der folgenden Tabelle dargestellt wird.

Schulbuch	bio@school 5	bio@school 6	bio@school 8
Population	3	10	10
Schulbuch	Begegnung 5	Begegnung 6	Begegnung 8
Population	-	7	9

Abb. 4: Codierhäufigkeiten der Population Quelle: verändert nach (ebd. 2017)

Die Unterstufe ist nicht angegeben, da bei beiden kein einziges Mal die Kategorie „Population“ codiert wird, daher ist nur die Oberstufe abgebildet. Klar erkenntlich ist, dass die bio@school - Reihe eine Häufigkeit von über 20 Mal besitzt und die andere Schulbuchreihe nur 16 Mal das Konzept erwähnt. Erstaunlich ist, dass es in der 9. Schulstufe kein einziges Mal codiert wurde. Nicht nur aus diesen Daten, sondern auch aus dem Vergleich z.B. bei der Kategorie „natürliche Selektion“ hat sich gezeigt, dass sich diese beiden Schulbuchreihen klar unterscheiden und daher gut für einen Vergleich sind.

Als drittes Auswahlkriterium wurde versucht, Schulbuchreihen auszuwählen, die für jede Schulstufe vorhanden sind. Viele Schulbuchreihen werden nur für 4 Schulstufen konzipiert, entweder für die Unterstufe oder für die Oberstufe. Insgesamt gibt es für die AHS nur diese beiden ausgewählten Schulbuchreihen, die für alle Schulstufen zur Verfügung stehen. Dieses Kriterium ist wichtig, da hier bei den Büchern innerhalb einer Schulbuchreihe immer die gleichen Autor/innen mitwirken und somit eine höhere Chance vermutet werden kann, dass die Bücher aufeinander aufbauend geschrieben sind und eine Lernprogression mitbedenken.

3.4. Codierregeln

Mit der fertigen Concept Map mussten nun, bevor die Analyse der Schulbücher beginnen konnte, noch Kriterien festgelegt werden, wie und wann diese Konzepte gültig vertreten sind und wann die Verbindungen gegeben sind und wann nicht. Die Konzepte sind vorhanden, wenn diese klar im Text genannt werden. Sie müssen entweder in einem sinnvollen vollständigen Satz erklärt oder erwähnt sein oder sie sind durch etwas anderes in dem Buch vertreten, wie z.B. ein erklärendes Diagramm oder eine Abbildung. Wenn dagegen nur ein Wort zu finden ist, ohne jeglicher Erklärung und Vernetzung, wurde dies somit nicht als erfülltes Konzept angesehen. Es wurde auch versucht, nur klar ausformulierte Beispiele zu codieren und implizite Nennungen zu vermeiden, da diese durch die Lehrperson klargestellt werden müssten. Eines dieser Beispiele für diese impliziten Mitteilungen sind die häufigen Nennungen der Tiere

in Gruppen: „Die Gruppe der Lebewesen A versucht Nahrung zu finden.“ Solche indirekten Nennungen des Artgedankens wurden nicht mit aufgenommen.

Die Verbindungen zwischen den einzelnen Konzepten sind schwierig zu codieren, da es in den Schulbüchern eher wenig Verweise auf andere Kapitel oder gar auf Schulbücher anderer Schulstufen gibt. Diese Verbindungen sind aber aufgrund des kumulativen Lernens die wichtigen Verknüpfungen, um das neue in das alte „Lernkonstrukt“ einzubetten und einzulernen. Meistens werden solche Zwischenschritte nicht vom Buch erklärt und der Lehrperson überlassen. Die Verbindungen wurden daher unter dem Bezugspunkt der räumlichen Nähe codiert. Die Verbindungspfeile zwischen den einzelnen Konzepten werden gezogen, wenn sich beide auf derselben oder aufeinanderfolgenden Seite befinden. Hier ist anzunehmen, dass Schüler/innen beide Konzepte gleich in einem Zug präsentiert bekommen und auch lernen müssen. Dies kann natürlich wieder zu Nachteilen und Lernschwierigkeiten bei den Schülern/innen führen, da es eine Überforderung durch neue Konzepte darstellen kann. Eine weitere Verbindung wird gezogen, wenn zwei Konzepte im selben Kapitel anzutreffen sind. Hier wird angenommen, dass die Verknüpfung vom/von der Schüler/in selbst gezogen werden könnte, beziehungsweise ist sehr wahrscheinlich, dass die Lehrperson beide Konzepte miteinander verbindet, wenn sie diese in Folge unterrichtet. Der letzte Punkt wäre, wenn die Schulbücher auf andere Kapitel oder andere (Schul-)Bücher verweisen würden, so wäre ebenfalls die Verbindung gegeben.

3.5. Durchführung

Die Analyse wurde für jedes Schulbuch einzeln und zuerst analog durchgeführt. Die Durchsicht des Schulbuches ist zuerst mit dem Hardcover des Schulbuches und einem ausgedruckten Analyseraster ausgeführt worden und alle Konzepte, die vorgekommen sind wurden auf Papier codiert. Ebenfalls wurden die Verbindungen, die zu erkennen waren, eingezeichnet. Bei jedem Konzept wurde dazugeschrieben, auf welcher Seite dieses zu finden ist. Dieser Schritt wurde für alle Schulbücher wiederholt.

Als zweiter Schritt wurden die angefertigten Concept Maps vom Papier in den Computer zur weiteren Verarbeitung digitalisiert. Dies wurde mit dem Programm „Photoshop“ verwirklicht, da hier zwei Dokumente, für jede Schulbuchreihe eines, angelegt werden konnten. In jedem Dokument entspricht ein Ebenenlayer einem Schulbuch. Durch einen transparenten Hintergrund der einzelnen Layers und den angefärbten Kästchen, die unterhalb jedes Konzepts angeführt sind, können mehrere Schulbücher übereinandergelegt und miteinander verglichen werden. Die Anfärbung der Kästchen und die Farbe der Verbindungspfeile entsprechen den verschiedenen Schulstufen. Der Farbcode zu den verschiedenen Schulstufen ist der untenstehenden Abbildung zu entnehmen.

Farbe	Codierung
	5. Schulstufe
	6. Schulstufe
	7. Schulstufe
	8. Schulstufe
	9. Schulstufe
	10. Schulstufe
	12. Schulstufe

Abb. 5: Farbcodes Schulstufen

Weiters wurde mit der Funktion für Anmerkungen, bei jedem Konzept eine hinzugefügt, bei der die jeweiligen Buchseiten als Zusatzinfo beiliegen.

Als dritter Schritt wurden die fertiggestellten digitalen Concept Maps nochmals mit den digitalen Ausgaben der Schulbücher nebeneinandergestellt, um abermals die Kontrolle der Konzepte und der aufgenommenen Verbindungen zu haben. Außerdem wurden immer die quantitativen Analysedaten von ebd. (2017) miteinbezogen und mit jenen dieser Arbeit gegenübergestellt, um hier eine weitere Kontrollinstanz zu haben. Dies ist sicherlich von Vorteil, da eine zweite Person zu einer weiteren unabhängigen Durchführung der Analyse leider nicht vorhanden war. Bei der nachfolgenden

deskriptiven Analyse wurden einzelne Verbesserungsvorschläge, die bei dem genannten Beispiel vorzunehmen wären, in der Fußzeile angeführt.

4. Analyse

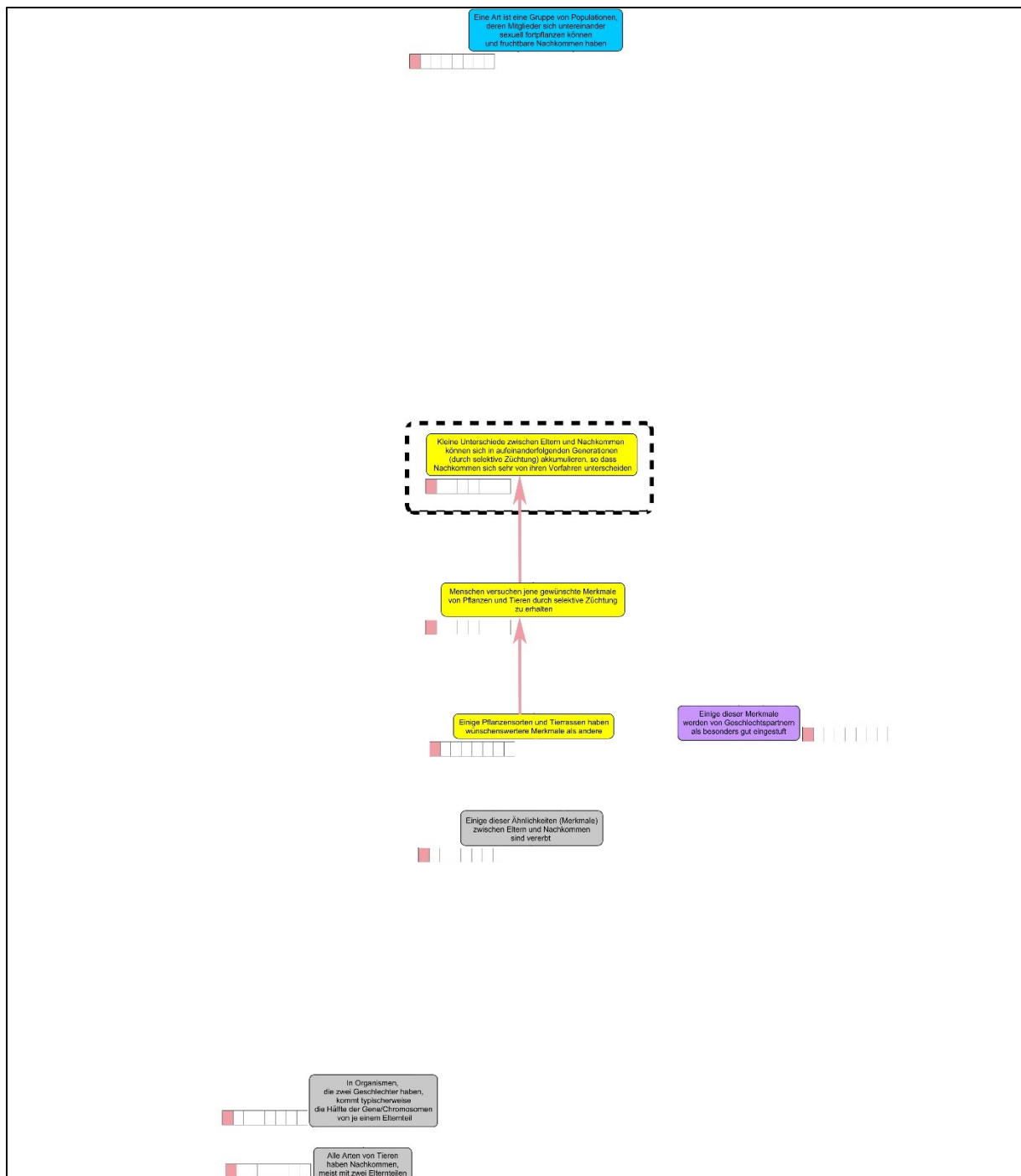
Dieses Kapitel soll den empirischen Teil der Arbeit liefern und die analysierten Schulbücher darstellen. Nach den sieben Schulbüchern der bio@school – Reihe werden danach die Biologiebücher der „Begegnung mit der Natur“ - Reihe analysiert. Zu jeder Schulbuchreihe findet man im Anhang die vollständigen Concept Maps mit allen gesammelten Analysen aller Schulbücher und auf der beigelegten CD die vollständige Photoshop - Datei.

4.1. Schulbuchreihe bio@school

Diese Schulbuchreihe besteht aus insgesamt sieben Werken, für die 7. Klasse (11. Schulstufe) gibt es kein eigenes Biologiebuch. Diese Schulbuchreihe wird derzeit neu aufgelegt, da es durch die neue Oberstufe und die Implementierung der Basiskonzepte zu neuen gesetzlichen Vorgaben kam, denen die Autor/innen Rechnung tragen müssen. Trotzdem wurde diese Reihe zur Auswahl der zu analysierenden Bücher herangezogen, da jene Schulbücher auch schon ebd. (2017) analysiert wurden und hier in Folge eine Vergleichbarkeit hergestellt werden kann. Die gesammelte Concept Map, bei der alle Schulstufen übereinandergelegt wurden, findet man im Anhang und auf dem USB-Stick. Da diese sehr komplex ist und viele Informationsebenen beinhaltet, werden diese Ebenen hier nach Jahren aufgeschlüsselt. Die Schriftgröße der Konzepte ist zum Teil sehr klein und daher schwer zu lesen, aber hier sollte durch die Darstellung der Konzepte mehr ein Eindruck des gesamten Buches vermittelt werden als auf die einzelnen Konzepte eingegangen werden. Diese werden sowohl im Fließtext genauer abgehandelt und befinden sich in größerer Auflösung im Anhang unter 7.4.

4.1.1. Reihenwerk bio@school 1

Die angefertigte Concept Map ist auf der nachfolgenden Seite zu finden. Das Erste, was sofort ins Auge fällt, ist die gute Repräsentation der künstlichen Selektion. Aus dieser Säule werden alle drei Konzepte in diesem Schulbuch mindestens einmal behandelt und auch miteinander verknüpft.



Concept Map 2: Analyse bio@school 1

Ein ausschlaggebendes Beispiel ist in diesem Buch auf Seite 20 zu finden. Hier werden unter der Rubrik „Genauer betrachtet“ ausgiebig alle drei Konzepte behandelt und da sie sich auf einer Seite befinden, sind diese auch durch Pfeile verknüpft.

Herausstechend bei diesem Beispiel ist, dass auch in diesem Absatz auf das Konzept der Zeit eingegangen wird und gesagt wird, dass vor 10.000 Jahren die Zählung beziehungsweise Zucht begonnen wurde und dass es durch diesen Eingriff zu der Entstehung von Haustieren und Nutztieren gekommen ist. Die weitere Formulierung

ist aber ein wenig unpräzise mit der Beschreibung: „haben [...] im Lauf der Zeit Haustiere und Nutztiere gezüchtet“ (SCHERMAIER et al. 2015b: S. 20).

Das zentrale Konzept, dass Merkmale an die Nachkommen vererbt werden, wird leider nur einmal im Zuge der menschlichen Fortpflanzung angesprochen. Es wird zwar klar ausgedrückt, dass die Anlagen von Mutter und Vater kommen, daher sind auch zwei der Konzepte Fortpflanzung & Vererbung vorhanden, aber als Beispiele werden nur die Form der Nase oder auch die Haarfarbe genannt (SCHERMAIER et al. 2015: S. 116). Beide beziehen sich nur auf den Menschen, es kommt weder die Erwähnung vor, dass auch Tiere und Pflanzen ihre Merkmale an die nächste Generation weitergeben können, noch, dass es sich bei diesen beiden Merkmalen um eher ungünstige Beispiele handelt.¹

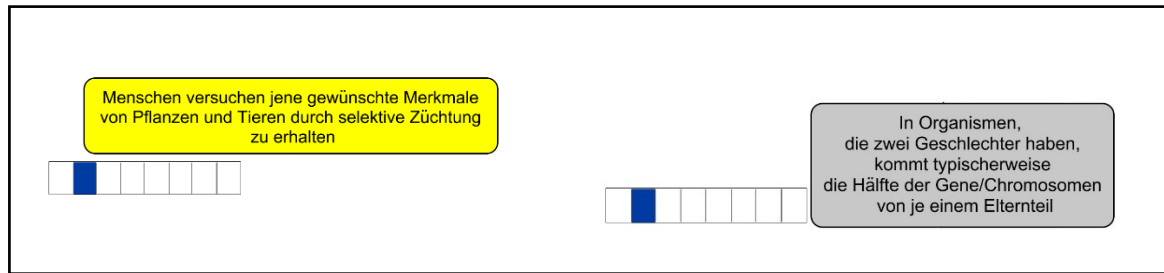
Zwei weitere Konzepte werden auch schon in der ersten Klasse angesprochen, sowohl die Anfänge des Konzeptes der sexuellen Selektion wird mit dem Balzverhalten bei Vögeln (SCHERMAIER et al. 2015b: S. 68) beschrieben, als auch das Konzept des Artbegriffes wird erklärt. Dieses wird sogar dreimal innerhalb des Werkes angesprochen: Zweimal bei der Diskussion über Tierrassen, dass diese zu einer Art gehören, und diese sich fortpflanzen können (ebd. 2015b: 20, 47) und einmal bei der Erklärung der Systematik in der Biologie (ebd. 2015b: S. 21).

Ansonsten wurden keine weiteren definierten Konzepte in dem Schulbuch codiert, weder weitere Konzepte über Population noch über Fortpflanzung & Vererbung. Die Verbindungen zwischen den Konzepten, bis auf die bei der künstlichen Selektion, sind ebenfalls nicht gegeben.

4.1.2. Reihenwerk bio@school 2

Dieses Schulbuch zeigt auf, dass in dieser Schulstufe sehr wenig bis kaum eine Implementierung der geforderten Konzepte erfolgt. Wie auf der Concept Map zu sehen ist, werden lediglich zwei Konzepte in diesem Werk erwähnt. Die künstliche Selektion wird auf einer Seite erwähnt, dieses Mal beziehen sich die Autoren aber auf Kulturpflanzen und nicht auf Tiere, was den Lernenden eine weitere Perspektive schenkt.

¹ Beide Merkmale werden durch viele verschiedene Gene beeinflusst. Bei den Haaren sind laut einer neuen Untersuchung weit über 100 Genloci beteiligt (HYSI et al. 2018) und die Form des Gesichtes wird ebenfalls von sehr vielen verschiedenen Genen beeinflusst (CLAES et al. 2018).



Concept Map 3: Analyse bio@school 2

Es bleibt aber bei einer kurzen Anführung und wird nicht genauer ausgeführt, da es sich im Kapitel um das Ökosystem Wald handelt. Hier müsste die Lehrperson sehr viel weiteres Wissen und Anknüpfungspunkte bieten, um eine richtige Einsortierung zu ermöglichen.

Das weitere Konzept, das angeführt wird, ist das der zwei Geschlechter mit der Weitergabe der Hälfte der Gene. Dieses wird einerseits einmal in Verbindung mit den Blüten- und Sporenpflanzen, andererseits einmal mit der Fortpflanzung der Frösche angesprochen. Bei beiden Nennungen sind die Formulierungen sehr vage und die Gene werden nie angeführt, aber es wird eindeutig von einer Verschmelzung zweier (meist männlich und weiblich genannte) Geschlechtszellen gesprochen (ebd. 2016a: 33, 66).

Es wurden auch nach mehrmaliger Durchsicht des Buches nicht mehr Konzepte für diese Schulstufe gefunden. Dies ist neben der 5. Klasse das Schulbuch mit den geringsten Funden aller Konzepte in dieser Schulbuchreihe.

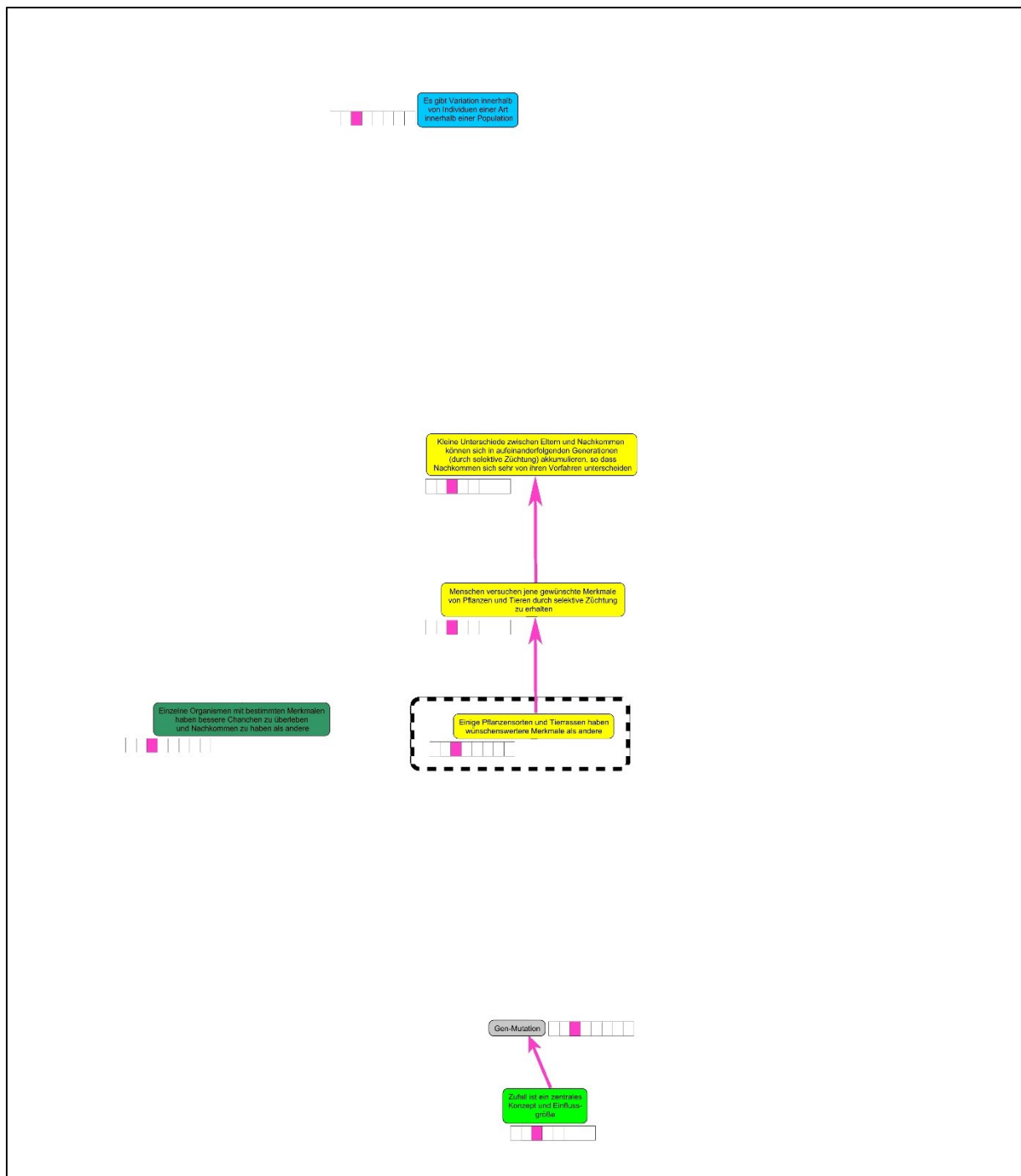
4.1.3. Reihenwerk bio@school 3

Dieses Schulbuch behandelt nun die Schulstufe, in der evolutionäre Themen auch im Lehrplan niedergeschrieben sind und somit auch behandelt werden müssen. In der Concept Map zeigt sich auch, dass diese in einer gewissen Weise auch umgesetzt werden.

Das Konzept der Variation in der Population wird einmal im Zuge des Menschen und einmal im Zuge der Varianten von *Brassica sp.* (Kohl) aufgezeigt. Bei dem Menschen wird sofort revidiert, dass es keine Menschenrassen gibt, da dieser Begriff negativ konnotiert ist (ebd. 2016b: S. 31). Das zweite Beispiel mit den verschiedenen Kohlvarianten ist auf Seite 80 sehr ausgiebig und detailliert erklärt. Es wird darauf eingegangen, dass verschiedene Individuen verschiedene Eigenschaften haben und diese durch Zucht kombiniert, erhalten oder eliminiert werden können.

Daher wird auch das Konzept der künstlichen Selektion hier sehr gut erklärt und auch in Verbindung gesetzt. Ebenfalls ist wieder ein Zeitfaktor gegeben, aber dieser ist auch hier sehr unspezifisch mit: „[...] im Laufe der Zeit zahlreiche Kohlsorten gezüchtet“ (ebd. 2016b: S. 80) angegeben. In diesem Abschnitt werden das erste Mal auch die Mutationen angesprochen und dass diese zufällig auftreten. Deswegen sind auch diese beiden Konzepte vorhanden und miteinander verbunden. Der gesamte kurze Abschnitt ist abermals eine „Genauer Betrachtet“ - Kategorie und keine eigene Ausführung oder volle Seite, um die Inhalte genauer ausführen zu können.

Die Säule der natürlichen Selektion wird hier erstmals angeschnitten und zwar mit dem ersten Konzept aus diesem Themenkomplex. Es wird mehrmals angeführt, dass verschiedene Lebewesen durch gewisse Merkmale besser angepasst sind als andere. Hier wird eine gewisse Multiperspektivität angeboten, da sowohl auf Tiere als auch auf Pflanzen eingegangen wird. Problematisch wird es aber auch hier, wenn man ins Detail blickt und sich die Erläuterungen genauer ansieht. Es werden fünf „Überlebenstricks“ im ersten Kapitel genauer erläutert und eigentlich bei allen Beispielen ist von Anpassung die Rede. Die Verwendung des Wortes Anpassung bezieht sich aber sowohl auf die im Alltag gebräuchliche Verwendung der Anpassung (Reaktion auf die Umwelt) und die Anpassung als Produkt des evolutionären Prozesses. Es wird sowohl in den verschiedenen Beispielen der „Anpassung und Überlebenstricks“ die Verwendung des Wortes abgewechselt als auch innerhalb eines Beispiels wird zwischen diesen beiden Arten nicht unterschieden.



Concept Map 4: Analyse bio@school 3

Als konkretes Exempel soll hier der „Überlebenstrick Nr. 2“ angeführt werden, der zuerst eine Anpassung im evolutionären Sinne erläutert:

„[...] Auch das Alpenschneehuhn (Abb. 10.1) hat ein dichteres und flauschigeres Gefieder als das Rebhuhn. Das weiße Winterkleid sorgt für eine optimale Tarnung. Außerdem ist es im Gegensatz zum Rebhuhn auch an Beinen und Zehen sowie am Schnabel gefiedert. Das bietet einen zusätzlichen Wärmeschutz. [...]“ (ebd. 2016b: S. 10).

Weiters kommt bei dem Beispiel erschwerend hinzu, dass hier die Formulierung auf die Einzahl, sprich ein Alpenschneehuhn und einen Schneehasen, abzielt und keine Mehrzahl, geschweige denn, der Populationsansatz hier vorkommt. Dies kann zu einer weiteren Vertiefung der Vorstellung von Anpassung des Individuums führen.

Danach wird aber im selben Absatz über eine Anpassung als Reaktion auf die Umwelt weitergeschrieben:

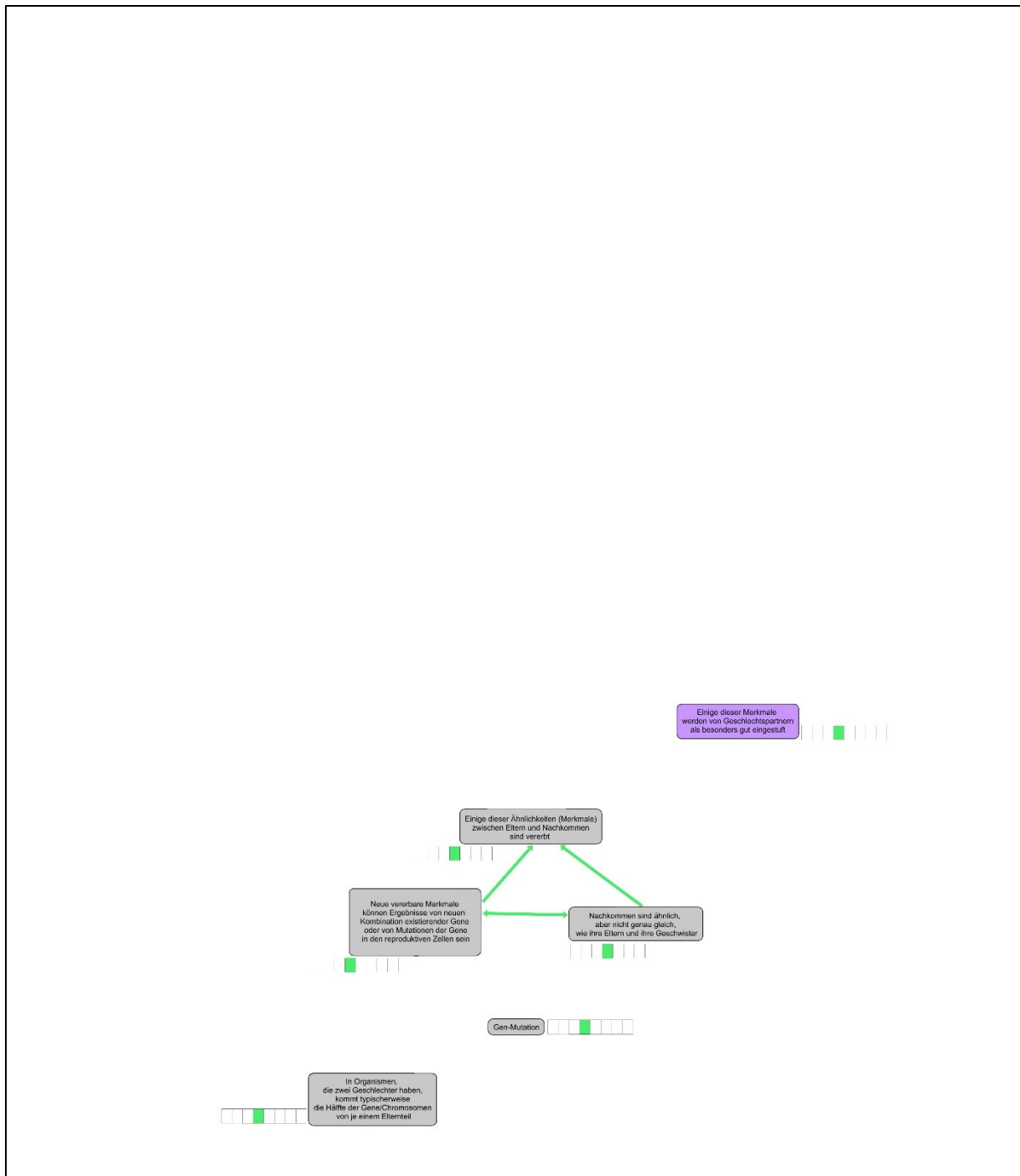
„Für Tiere ist ein flexibles Verhalten wichtig. Sie können gezielt zwischen Standorten mit den günstigsten Bedingungen wechseln. Weißlinge sind Schmetterlinge, bei denen ein verblüffender Trick zum Einsatz kommt. Sie verwenden „Sonnenkollektoren mit Spiegeln“: Sie halten ihre weißen Flügel im optimalen Winkel halb geöffnet, um das Sonnenlicht wie mit einem Brennglas auf den Körper zu konzentrieren“ (ebd. 2016b: S. 10).

Hier sprechen die Autoren von einer Aktion der Tiere und einer Anpassung im Sinne des alltäglichen Sprachgebrauches. Mit solcher Durchmischung von Konzepten innerhalb von Absätzen ohne klare Erklärung machen die Autoren den Lernenden das Verständnis über Anpassung im evolutionären Kontext sehr schwierig bis unmöglich. Ohne eine weitere Erläuterung und Richtigstellung der Lehrperson wird die Vorstellung der individuellen Anpassung des Individuums als Antwort auf die Umwelt und auf Selektionsprozesse bei den Schüler/innen nur verfestigt. Dies ist nur einer der Absätze auf den beiden Doppelseiten, es werden auch noch andere Beispiele genannt und durcheinandergemischt, wie die verschiedenen Adaptionen der Pflanzen auf das Wachstum in großen Höhen (evolutionäre Anpassung) oder auch die höhere Anzahl der Erythrozyten beim Menschen durch das Bergsteigen (Anpassung auf Umweltänderung).

In diesem Schulbuch kommt die natürliche Selektion in der Form der verschiedenen Anpassungen das erste Mal vor. Die Implementierung jener Konzepte ist teilweise wie oben beschrieben nicht konsistent.

4.1.4. Reihenwerk bio@school 4

Diese Concept Map zeigt, dass es in diesem Schulbuch wenig Implementierung der evolutionären Themen gibt. Dagegen werden sehr viele Konzepte über die Vererbung und Weitergabe der Merkmale angesprochen. Dies ist auch nicht verwunderlich, da in dieser Schulstufe sehr häufig die genetischen Hintergründe abgeklärt werden. Dies ist meist in einem Kapitel über den Menschen vorhanden, da die Fortpflanzung und



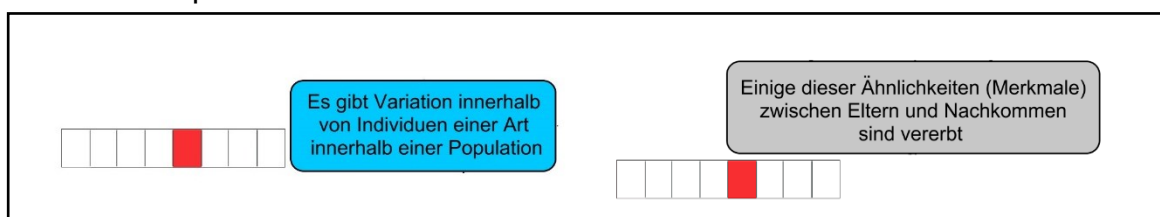
Concept Map 5: Analyse bio@school 4

Entwicklung beim Menschen ein großes Thema in der 8. Schulstufe ist. Auch in diesem Schulbuch sind jene Konzepte über die Vererbung in diesem Kapitel zu finden (MIKSCHE et al. 2016: 26ff). Die Konzepte werden gut repräsentiert und auch gut erklärt, einziger Kritikpunkt wäre, da sie ja nur in dem Kapitel „Mensch“ angeführt werden, beziehen sich die Konzepte nur auf das Beispiel Mensch und es werden keine anderen Organismen wie Pflanzen oder Tiere genannt. Die einzigen Verbindungen, die gefunden wurden, beziehen sich ebenfalls nur auf die Konzepte der Vererbung,

da diese alle in einem Kapitel zu finden sind. Das Konzept der Mutation wird erst bei dem Stoffwechsel viel weiter hinten im Buch erklärt und da wiederum nur bei der Veränderung von Grippeviren (ebd. 2016: S. 108) und nicht bei anderen Organismen. Bei dem Vorhandensein der Selektionsprozesse sieht es sehr schlecht aus. Weder die künstliche noch die natürliche Selektion werden in dieser Schulstufe angeführt. Es lassen sich Ansätze der sexuellen Selektion einmal finden, dies ist in Verbindung mit dem für die Partnerfindung wichtigen Element, dem Riechen. Es handelt sich in dem Absatz nicht explizit um die sexuelle Selektion, sondern mehr um das Phänomen an sich. Dass Riechen und Geruch durch Pheromone für die Partnerfindung wichtig sind, wird sowohl bei Menschen als auch bei Tieren erklärt. Da diese für die sexuelle Selektion eine wichtige Komponente ist, wurde dieser Absatz codiert.

4.1.5. Reihewerk bio@school 5

Das erste Schulbuch der Oberstufe ist ähnlich wie das der dritten Klasse Unterstufe nur mit zwei Konzepten, die die Analyse betreffen, aufgebaut. Das erste Konzept, das angesprochen wird ist die Variabilität innerhalb einer Population. Im Zuge des Behandeln des Themas Aussterben von Tier- und Pflanzenarten wird über Biodiversität gesprochen. Als Definition am Seitenrand wird dann gegeben, dass dies auch als die genetische Vielfalt innerhalb einer Population aufgefasst werden kann (SCHERMAIER et al. 2015a: S. 16). Der Begriff wird mit drei verschiedenen Definitionen ausgestattet, womit die Multiperspektivität des Begriffs veranschaulicht wird². Für diese Analyse zählt nur die eine Definition, da es in dem nebenstehenden Text um andere genannte Formen der Biodiversität geht und nicht um die Definition im Sinne der Population.



Concept Map 6: Analyse bio@school 5

Es muss aufgezeigt werden, dass der Begriff der Population nicht klar definiert wird und auch nicht richtig eingeführt wird. Im selben Kapitel ein paar Seiten weiter findet man wiederum die Bezeichnung Population. Dieses Mal aber entspricht es dem

² Dies kann das Begriffslernen der Schüler/innen fördern, doch die Lehrperson muss diese drei Begrifflichkeiten wieder klar formulieren.

fachsprachlichen Äquivalent zu Bevölkerung, da es sich um Bevölkerungspyramiden und -entwicklungen handelt (ebd. 2015a: S. 20). Dies kann, wie auch weiter oben schon einmal erwähnt, das Erlernen der Begriffe und Konzepte erschweren, wenn diese nicht klar und auf einer Definition gleichbleibend verwendet werden.

Das zweite Konzept, das zu finden war, ist jenes zentrale Konzept, das besagt, dass die Merkmale an die nächste Generation weitergegeben werden können. Dies wird mit einem Satz bei den Blutgruppen erwähnt, jedoch bleibt es auch bei diesem einen Satz (ebd. 2015a: S. 149). Es kommt zu keiner genaueren Erklärung oder Verweisen auf Vererbung oder andere evolutionären Kontexte. Ein weiteres Mal wird zwar die Vererbung der DNA angesprochen, da es sich aber hier um ausschließlich zellbiologische Grundlagen handelt und keine Verknüpfung mit anderen Themen stattfindet, wurde dieses nicht codiert.

Dies sind nach der Analyse alle gefunden Konzepte und Verknüpfungen. Es fehlen viele Verbindungen, die eine kumulative Lernprogression ermöglichen könnten, da es weder Beziehungen in die Unterstufe noch einen Ausblick auf die weiteren Schulstufen gibt. Das Schulbuch ist daher thematisch kaum in die restlichen Schulbuchwerke und Thematiken eingegliedert.

4.1.6. Reihenwerk bio@school 6

Wie auf den nachfolgenden Seiten in der Concept Map zu sehen ist, hat dieses Schulbuch im Vergleich zu den Vorgängern eine ausgiebigere Ausführung der zu analysierenden Konzepte. Dies ist auch nicht verwunderlich, da dieses Schulbuch auch für die 7. Klasse verwendet werden soll und in dieser Schulstufe gibt der Lehrplan wieder vor, das Thema der Evolution zu unterrichten. Deshalb sind fast alle Konzepte der Analyse vorhanden, bis auf die der künstlichen Selektion, die aber schon sehr ausführlich in der Unterstufe vorgekommen ist. Beginnend mit dem Themenkomplex Population ist zu sagen, dass alle drei Konzepte in diesem Schulbuch vorkommen, und auch die Verbindungen sind bei allen Konzepten erfüllt. Das Konzept der biologischen Artdefinition wird ausführlich in dem Kapitel über Ökologie und Population beschrieben. Auch bei dieser Verwendung des Begriffes Population wird nicht sauber getrennt zwischen dem biologischen Begriff und der demographischen Definition. Zuerst wird es noch in einer populationsgenetischen Weise (mit der Fortpflanzungsgemeinschaft) und einer populationsökologischen (gleichem Areal) definiert, aber danach im nächsten Absatz handelt es sich um die Begriffe

Populationsdichte und -verteilung (SCHERMAIER et al. 2015c: S. 164). Diese haben ganz klar eine demographische Auslegung und Wirkung. Es sollte hier besser der Begriff der Bevölkerung gewählt werden, um so eine klare Trennung der Begriffe und eine mögliche Verwirrung auszuschließen.

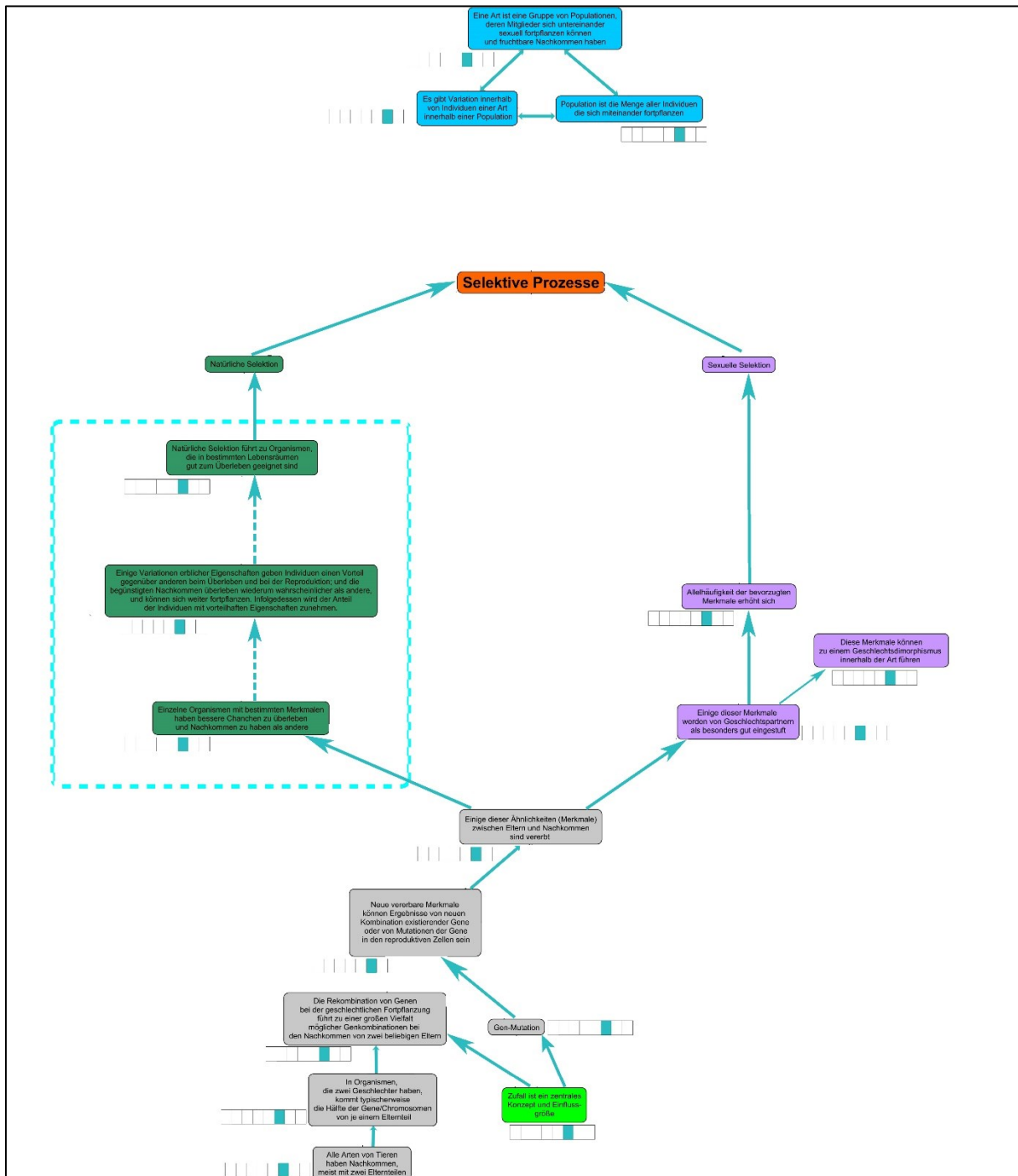
Das Konzept der Variation wird dreimal angeführt, einmal im Kapitel Sexualität und Fortpflanzung, einmal im Zuge des Kapitels Ökologie und Population und dann mehrmals im Kapitel „Verhalten“ (ebd. 2015c: 80, 141f, 164). Dieses Konzept ist auch immer eng verknüpft mit einigen Konzepten aus dem Bereich Fortpflanzung & Vererbung. Im Kapitel „Sexualität, Fortpflanzung und Wachstum“ werden auf mehreren Seiten fast alle Konzepte angesprochen. Einzig, dass sich Nachkommen in gewissen Merkmalen ähneln, wird nicht explizit erwähnt. Das Konzept, das besagt, dass die Rekombination der Gene einen Großteil zu der genetischen Variabilität beiträgt, wird in diesem Schulbuch zum allerersten Mal erwähnt und findet durch die Erklärung des Crossing - overs und der zufälligen Verteilung der Chromosomen statt (ebd. 2015c: S. 84).

Auch die Weiterführung, die erklärt, dass neue Merkmale durch die Verbindung von Rekombination und Mutationen entstehen können, wird sehr ausführlich in diesem Medium erklärt (ebd. 2015c: S. 143). Es werden die Ursachen für Mutationen, anders wie bei der Rekombination, nicht genauer erklärt. Da sehr viele Konzepte dieses Themenbereiches in demselben Kapitel erklärt werden, werden diese auch als verbunden codiert. Durch eine gemeinsame Erarbeitung des Über-Themas, sind alle Konzepte der Reihe nach gut vernetzt.

Die sexuelle Selektion wird ebenfalls zum ersten Mal genauer behandelt. Erstmals werden der Geschlechtsdimorphismus angesprochen und genauer beschrieben als auch die sexuelle Selektion an sich (ebd. 2015c: S. 143). Dieser war zuvor nur leicht in Aussicht gestellt worden und nun wird dieser erklärt und auch der natürlichen Selektionsform gegenübergestellt.

Die Konzepte der natürlichen Selektion werden ebenfalls zum ersten Mal in einem gerechten Ausmaß erklärt und in mehreren Kapiteln ausgeführt. Die vorteilhaften Merkmale gewisser Organismen, um zu Überleben und Nachkommen zu bekommen werden aber meistens mit dem Beispiel über Verhalten oder Lernen (auch eine Form des Verhaltens) erklärt (ebd. 2015c: S. 80). Es gibt außerdem wieder sehr viele Formulierungen, Definitionen und Sätze, die zum Teil oder ganz falsch sind oder falsch

interpretierbar sind, wenn diese nicht von dem/r Lehrer/in richtiggestellt werden, wie folgende Beispiele zeigen.



Concept Map 7: Analyse bio@school 6

Auf der Seite 141 wird die natürliche Selektion mit dem Lernen verglichen und es wird versucht herauszufinden, welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten vorhanden sind. Dies beginnt mit der Überschrift: „Lernen – auch eine Form der Anpassung an Umweltbedingungen“ (ebd. 2015c). Dies drückt implizit aus, dass natürliche Selektion auch diese Eigenschaften hat. Im biologischen evolutionären Sinne stimmt dies auch, nur

diese Formulierung verstärkt wieder die Schülervorstellungen, dass es sich um einen aktiven, bestimmbaren Prozess handelt (KATTMANN 2015: 305f). Hier wird versucht die Reaktion auf die Umwelt als Verhaltensantwort mit der evolutionären Anpassung zu vergleichen, doch die unsaubere Trennung und nicht klare Formulierung führt zu mehr Verwirrung als zu einer Unterscheidung. Auch die Definition am Rand verstärkt diesen Gedanken: „bewirkt, dass gut an die Umwelt angepasste Merkmale von Generation zu Generation gefördert werden“ (SCHERMAIER et al. 2015c). Die Bezeichnung „gefördert“ impliziert wiederum eine aktive Handlung und Beteiligung und verstärkt teleologische und anthropomorphe Ansichten. Aber nicht nur diese Bezeichnung, auch die weitere Formulierung „Individuen konkurrieren“ fallen in dieselbe Kategorie. Dies wird auf dieser Seite so formuliert, aber nicht im gesamten Schulbuch, da an anderen Stellen klar gesagt wird, dass sich, durch die häufigere Weitergabe der zurzeit bevorzugten Merkmale über Generationen hinweg, diese Merkmale langsam durchsetzen werden (ebd. 2015c: S. 143). Ebenfalls das erste Mal angeführt ist der vorhandene Populationsgedanke in den drei Konzepten der natürlichen Selektion. Deswegen finden wir in dieser Concept Map eine Umrandung dieser Konzepte, da diese meistens entweder in der Mehrzahl von Organismen oder sogar von Population (ebd. 2015c: S. 143) sprechen. Der Zeitaspekt wird nur einmal mit „über Generationen“ erwähnt und ist somit nicht codiert worden, da dies zu wenige Anhaltspunkte gab.

Trotz aller kritischer Punkte, muss gesagt werden, dass sowohl die Anzahl der evolutionären Verknüpfungen der Themen als auch die Verbindung der einzelnen Konzepte untereinander sehr gut in diesem Schulbuch vorliegen. In diesem Schulbuch wird kein einziges Mal ein Verweis auf die schon gelernte und angeführte künstliche Selektion beziehungsweise Zucht angeführt.

4.1.7. Reihewerk bio@school 8

Was zuerst bei dieser Concept Map auffällt, ist, dass in diesem Werk alle Konzepte mindestens einmal vorkommen. Durch das Kapitel „Genetik“ sind eigentlich alle Konzepte der Fortpflanzung & Vererbung abgedeckt. Da viele von ihnen auf einer Seite erwähnt werden (SCHERMAIER et al. 2016c: S. 9) oder ansonsten im selben Kapitel sind, herrscht auch eine sehr gute Verknüpfung der einzelnen Konzepte. In diesem Buch kommen auch die ersten Verweise unter den Kapiteln vor. Die Mutation ist bei der Erklärung der Evolution (ebd. 2016c: S. 128) als ein entscheidender Faktor

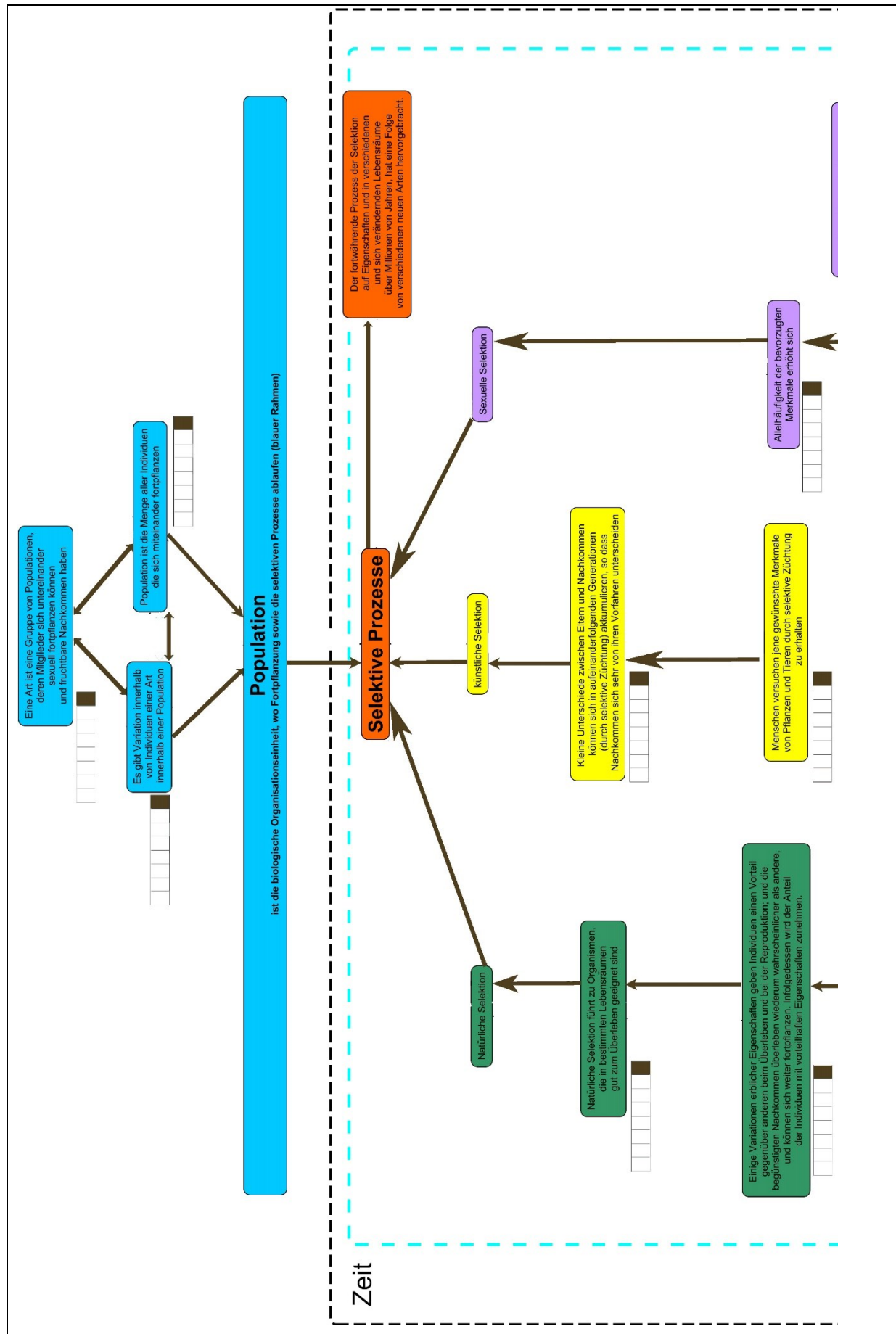
gut eingebunden. Dort wird auf das andere Kapitel verwiesen, in dem die genauere Erläuterung, was Mutationen sind, steht. Durch solche und andere Verweise entstehen diese vielen vorhandenen Verknüpfungen auf der Concept Map.

Die Säule der sexuellen Selektion wird auf einer Seite kurz und knapp behandelt, aber auch hier kommt der Verweis auf ein anderes Kapitel. Dieses Mal sogar auf ein anderes Schulbuch, nämlich das der 6. Klasse, wo ausgiebig die sexuelle Selektion genauer erklärt wird. Das gewählte Beispiel ist abermals die Balz bei Vögeln, Größenunterschiede oder andere Unterschiede in der Körperform. Hier wäre es angebracht auch diese Selektionsform ein wenig genauer zu erläutern, zum Beispiel mit der Handicap-Hypothese, der Runaway Selection etc. Das Konzept der Veränderung der Allelhäufigkeit wird in diesem Zuge nicht explizit erwähnt, sondern wird sogar auf einigen Seiten gesondert behandelt (ebd. 2016c: 130f). Da dieses Konzept ja nicht nur für die sexuelle Selektion, sondern auch für die Zusammensetzung der Population an sich eine Rolle spielt.

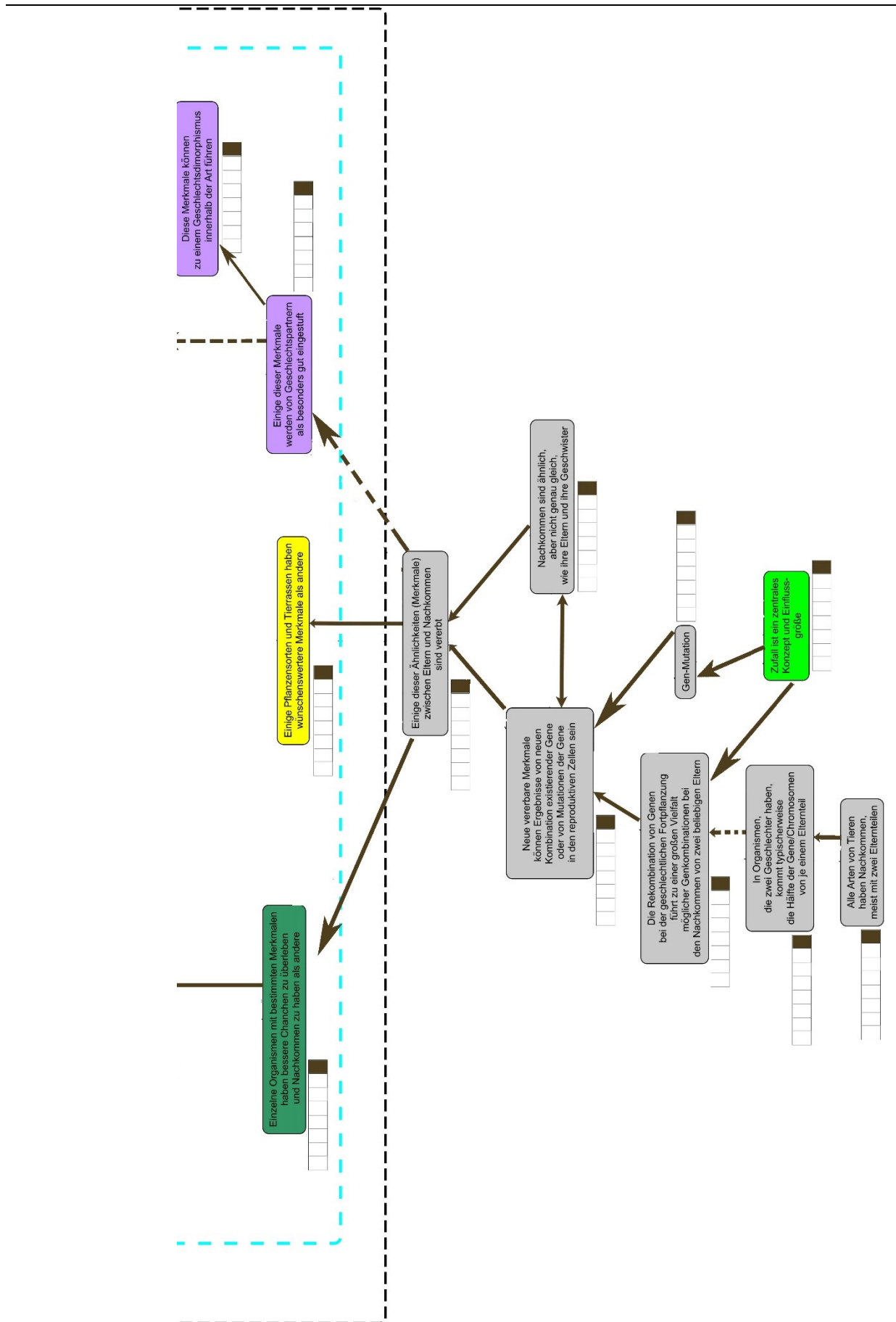
Die künstliche Selektion ist ebenfalls in diesem Schulbuch zu finden und zwar mehrmals. Einmal wird diese im Zuge von der Einsetzung von Insektiziden erklärt und einmal in Bezug auf die Antibiotikaresistenz bei Bakterien. Es wird hier die Chance verpasst, diese mit dem schon Gelernten in Verbindung zu bringen, da eine Erwähnung der anderen Kapitel oder der früheren Bücher hier nicht vorkommt. Im Schulbuch selbst, in einem anderen Kapitel, wird über Zucht an sich gesprochen, es fehlt aber die Verbindung zu den anderen Themen.

Der dritte Bereich, der natürlichen Selektion, wird auf der Seite 113 ganz klar und ausgiebig erläutert. Dort werden sowohl die Grundlagen und Voraussetzungen geklärt, um das Konzept „natürliche Selektion“ anwenden zu können, als auch die Folgen und die Wichtigkeit dieser Komponente für die Evolution. Es ist ebenfalls immer die Denkweise der Population als Grundeinheit und der Zeitaspekt vorhanden.

Im Bereich der Population sind ebenfalls alle Konzepte miteinander verbunden und zum ersten Mal wird auch explizit die Population als Grundeinheit der Evolution angeführt (ebd. 2016c: S. 130). Der Artbegriff wird ebenfalls sehr ausführlich auf mehreren Seiten behandelt. Es werden neben dem biologischen auch das morphologische Artkonzept und weiters die verschiedenen Artbildungen näher beschrieben. Diese Aufzählung mehrerer Perspektiven und richtiger Ansätze sind für das Lernen im Unterricht entscheidend. Damit ist es möglich, den Schüler/innen die Größe des Wissenschaftsbereiches und -feldes aufzuzeigen (ebd. 2016c: 142f).



Concept Map 8: Analyse bio@school 8



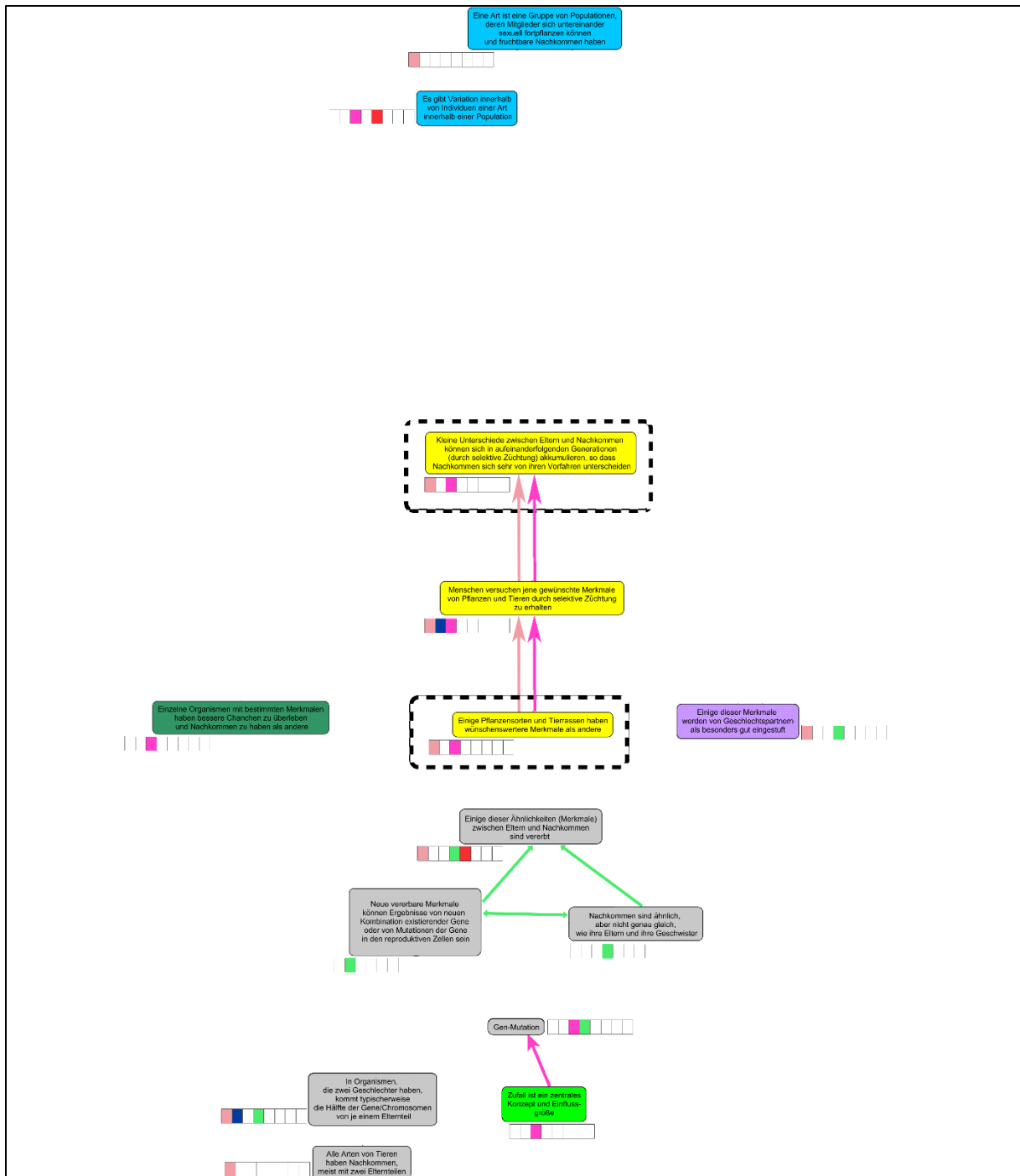
Concept Map 8: Analyse bio@school 8

4.1.8. Zwischenfazit Schulbuchreihe bio@school

Diese Schulbuchreihe legt in den Büchern für die Unterstufe (bio@school 1-4) einen sehr starken Fokus auf die künstliche Selektion. In jeder dieser Schulstufen wird die künstliche Selektion mindestens einmal erwähnt und somit kann von einer guten vertikalen Verknüpfung für diesen Bereich über die Klassen hinweg die Rede sein. Die anderen beiden Säulen natürliche und künstliche Selektion werden jeweils in den 3. und 4. Klassen einmal behandelt. Hier kann von keiner ordentlichen Implementierung gesprochen werden, da hier die Bereiche nicht akkurat erläutert wurden.

Es zeigt sich auch, dass der Bereich der Grundlagen nicht überall Verbindungen aufzeigt. Bei den Konzepten Fortpflanzung & Vererbung sind trotzdem alle bis auf das Konzept „Rekombination von Genen“ mindestens einmal angeführt und auch bei dem Themenkomplex der Population sind zwei der Konzepte angeführt. Dies bedeutet aber nicht automatisch, dass der Populationsgedanke in diesen Schulbüchern vorhanden ist, eher das Gegenteil ist der Fall, da zum Beispiel von Tieren in der Einzahl geschrieben wird.

Die Oberstufe dieser Schulbuchreihe zeigt bis auf den Ausreißer des Biologiebuches für die 5. Klasse genau die Erfordernisse der erstellten Analyse Concept Map wieder. Kritisch kann gesehen werden, dass die 9. Schulstufe das letzte verpflichtende Schuljahr ist und die bis dahin erlernten Konzepte sind unvollständig und kaum verknüpft. Als Hilfestellung soll die modifizierte Concept Map hier angeführt werden. Es zeigt sich, dass all die Schulbücher, die Schüler/innen nach Abschluss der Schulpflicht erworben haben, mit nur geringen Verknüpfungen der einzelnen Konzepte auskommen müssen und auch nicht die selektiven Prozesse richtig erläutert wurden. Die 10. und 12. Schulstufe sind mit fast allen Konzepten (in der 6. Klasse fehlt die künstliche Selektion) ausgestattet und auch die Verbindungen zwischen den Konzepten nimmt stark zu. In der 6. Klasse ist ein durchgehender Aufbau von den Grundlagen über die beiden Wege der künstlichen und natürlichen Selektion zu sehen (vgl. Concept Map 7) und in der 8. Klasse kommt es nochmals zu der Vertiefung der einzelnen Konzepte. Alle Konzepte werden nochmals in der 12. Schulstufe behandelt und meist in einem breiteren Sinn gefestigt. Der größte Unterschied zu der Unterstufe ist die Verknüpfung und Nennung der Population, die in der Unterstufe nur zum Teil eingeführt wird.



Concept Map 9: Konzepte der schulpflichtigen Schulstufen

4.2. Schulbuchreihe Begegnung mit der Natur (Begegnung)

Diese Schulbuchreihe enthält ebenfalls insgesamt sieben Werken, da wiederum das Biologiebuch der 7. Klasse (11. Schulstufe) fehlt. Auch diese Reihe wird aufgrund der veränderten Gesetzlage neu aufgelegt, aber auch hier wurden dieselben Bücher herangezogen, die auch schon WÄGER (2017) analysiert hat. Aufgrund des langen Titels der Schulbuchreihe, werden die Schulbücher mit der Bezeichnung „Begegnung“ und der Zahl abgekürzt. Die gesammelte Concept Map, über alle Schulstufen hinweg, wurde in den Anhang im Kapitel 7.5 angefügt. Dort können genauere leserliche Informationen direkt aus der Concept Map entnommen werden, und weiteres wird im folgenden Fließtext genauer erörtert.

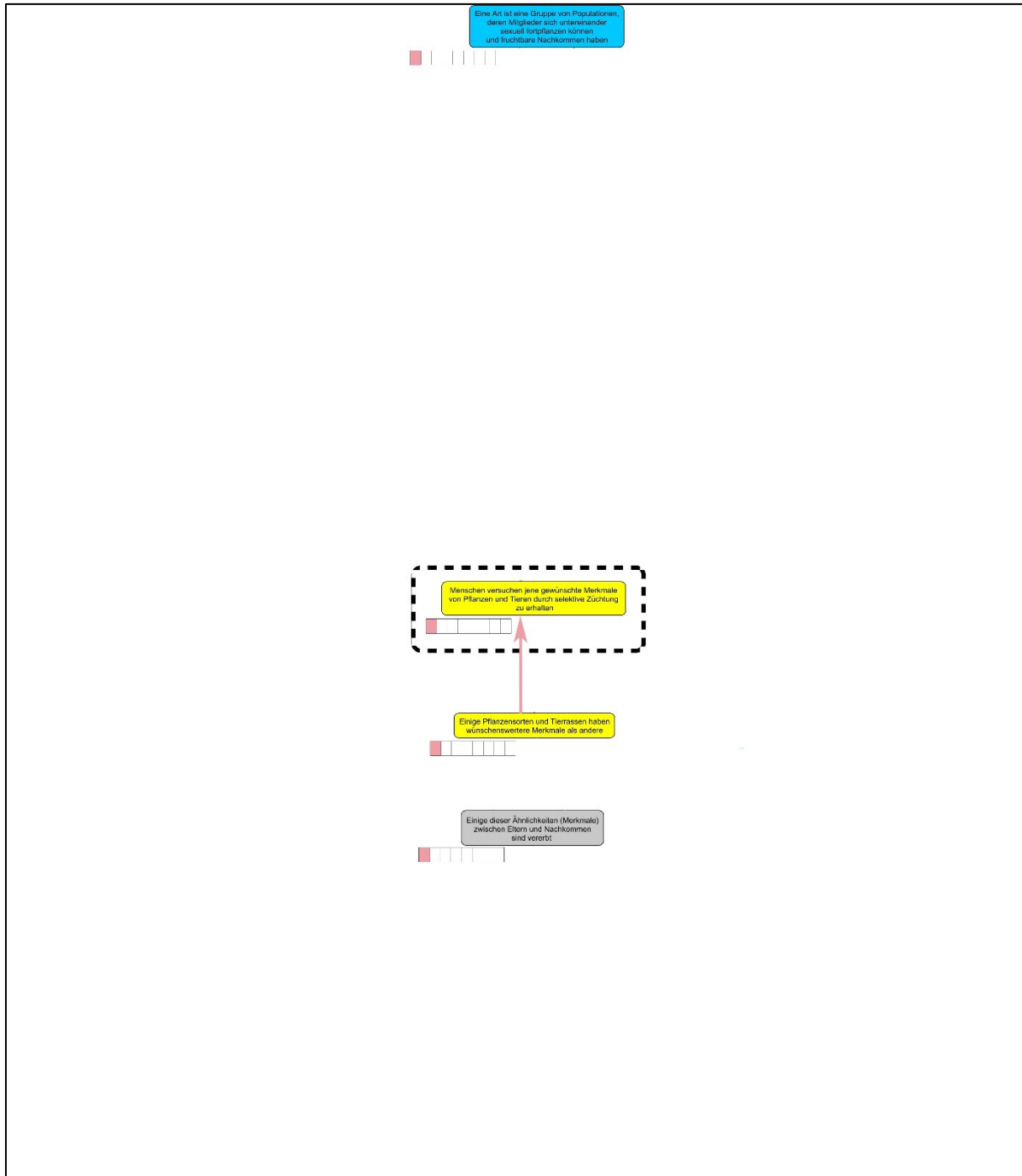
4.2.1. Reihenwerk Begegnung 1

Bei dieser Concept Map wird uns vor Augen geführt, dass die künstliche Selektion gut im Schulbuch abgebildet ist. Teilweise ist hier auch das Konzept der Zeit mit den anderen Inhalten verknüpft, deshalb ist das zweite Konzept bei der künstlichen Selektion mit dem Rahmen umgeben (BIEGL 2011: 49, 62). Dieses zweite Konzept „Menschen versuchen durch Zucht gewünschte Merkmale zu erhalten“ kommt im Zuge der Domestikation von Katzen, Hunden und weiteren Nutztieren vor. Die Erwähnung verbleibt aber in der Kategorie der Tiere und eine weitere Erwähnung der Zucht in anderen Bereichen, wie zum Beispiel bei den Pflanzen, findet nicht statt. Weiters wird auch auf die verschiedenen Eigenschaften und Merkmale bei den unterschiedlichen Tierrassen hingewiesen und erwähnt, dass sich zum Beispiel ein Golden Retriever nicht unbedingt als Wachhund eignet, andere Hunderassen aber schon (ebd. 2011: S. 50). Auch bei dem Kapitel über das Hausschwein stehen die wünschenswerten Eigenschaften im Vordergrund und werden angemerkt (ebd. 2011: S. 85).

Der zweite wichtige Bereich „Population“ ist ebenfalls mit einem Konzept im Buch vertreten. Es wird auf das erste Konzept der Artdefinition eingegangen und das biologische Artkonzept mit der Fortpflanzungsgemeinschaft angegeben. Auf den angegebenen Seiten werden auch die Unterschiede zwischen fertilen Nachkommen und Nachkommen, die sich nicht weiter reproduzieren können anhand eines anschaulichen Beispiels erklärt. Ebenfalls werden noch andere Einteilungsebenen wie Familie und Ordnung und die Systematik in der Biologie angesprochen (ebd. 2011: S.

100). Es findet auch hier nur die Beschreibung von tierischen Lebewesen statt und es wird kein weiteres Beispiel zu einem anderen Lebewesen gegeben.

Die dritte Kategorie ist das zentrale Konzept der Ähnlichkeiten zwischen dem Nachwuchs und den Eltern beziehungsweise die Vererbung dieser Ähnlichkeiten.



Concept Map 10: Analyse Begegnung 1

Dies wird ebenfalls in diesem Schulbuch mitberücksichtigt und anhand des Beispiels eines Hundes erläutert (ebd. 2011: S. 50f). Die Bezeichnung „für diese Hunderasse typische Merkmale“ ist aber irreführend, da weder erklärt wird, welche dies sind, noch

eine klare Abgrenzung zu anderen Hunderassen gegeben wird. Es könnte der Eindruck einer gewissen Unveränderlichkeit entstehen, die aber im nächsten Absatz schon wieder widerlegt wird, denn da heißt es, dass der Golden Retriever früher anders genützt worden ist als heute.

In diesem Schulbuch kommen ansonsten keine weiteren codierbaren Konzepte von den anderen Bereichen vor.

4.2.2. Reihenwerk Begegnung 2

Dieses Schulbuch sticht aus der gesamten Analyse hervor, da es trotz mehrmaliger Durchsicht kein einziges Konzept erfüllt und daher auch kein codiertes Konzept auf der Concept Map erscheint. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Daten der Schulbuchanalyse von WÄGER (2017), der ebenfalls keine codierten Stellen für die hier geforderten Kategorien aufweist. Von den Themen beziehungsweise den Kapiteln, die im Schulbuch enthalten sind, würden sich prinzipiell fast alle dazu eignen, evolutionäre Konzepte zu inkludieren und anhand einer Learning Progression weitere Konzepte der ersten Klasse zu vertiefen.

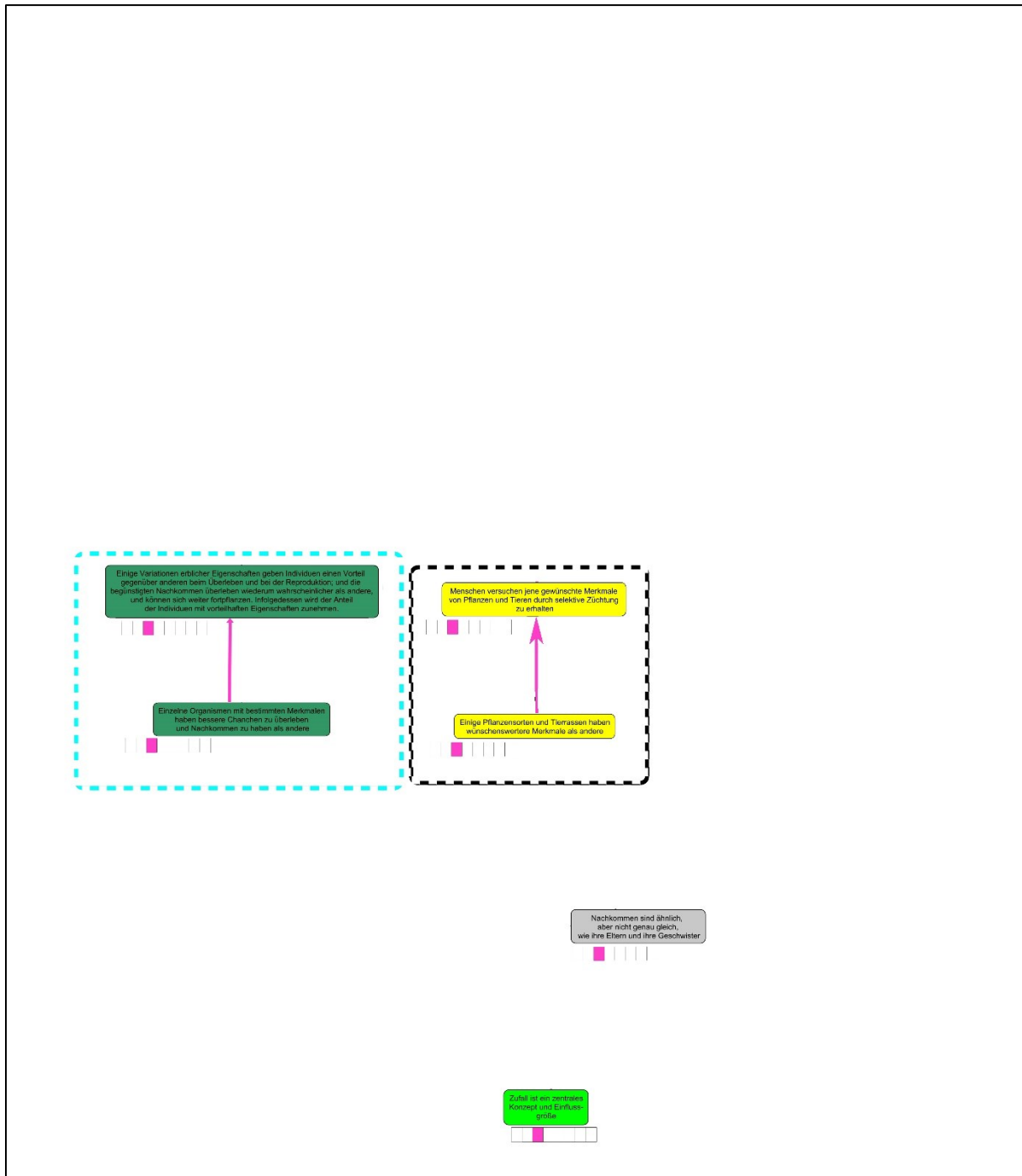
Da es keine vorhandenen Konzepte gibt, wird auf eine Abbildung der leeren Concept Map an dieser Stelle verzichtet.

4.2.3. Reihenwerk Begegnung 3

Das erste Konzept, das in diesem Werk beschrieben werden soll, ist das Konzept des Zufalls. Dieses kommt in dieser Reihe hier das erste Mal vor und das gleich mehrmalig. Bei der Entstehung des Lebens wird auf den Zufall hingewiesen, dass sich die Erde genau in der habitablen Zone des Sonnensystems befindet, die als Voraussetzung für das Leben notwendig ist (BIEGL 2012a: S. 6). Dass der Zufall nicht nur indirekt sondern auch direkt in der Biologie seinen Einfluss hat, wird später bei dem Beispiel der „Erhöhung des Zuckergehaltes bei Zuckerrüben“ erwähnt (ebd. 2012a: S. 68). Auch bei dem Kapitel der Evolution findet man die Bezeichnung der „zufällig etwas längeren Hälse“ (ebd. 2012a: S. 109). Somit sollte auch klar sein, dass der Zufall eine wichtige Komponente in der Evolution und Biologie ist.

Die Säule der künstlichen Selektion wird in diesem Schulbuch wieder angeführt und dieses Mal im Kapitel „Landwirtschaft in Österreich“. Da werden sowohl das erste und zweite Konzept mithilfe der Entstehung der Kulturpflanzen und die Nutzung dieser in der Landwirtschaft erklärt (ebd. 2012a: 90ff). Es werden hier verschiedenste Pflanzen

angeführt, von Weizen bis Mais werden viele Getreidesorten näher erklärt und immer wieder mit der künstlichen Selektion in Verbindung gebracht. Außerdem befinden sich diese Konzepte in Verbindung mit dem Konzept der Zeit, da immer wieder darauf hingewiesen wird, dass die meisten heute verwendeten Sorten schon sehr alte Sorten sind und schon mehrere tausend Jahre Verwendung finden (ebd. 2012a: 52, 54, 56).



Concept Map 11: Analyse Begegnung 3

Die künstliche Selektion wird überdies auch noch einmal bei der Nutztierzucht (Schwein, Rind, Schaf, Huhn, etc.) erwähnt und auch hier wird der Zeitaspekt mit

eingeschlossen (ebd. 2012a: 90ff). Beide Konzepte sind auch mit einem Pfeil als verbunden markiert, da alle Konzepte innerhalb des Kapitels „Landwirtschaft in Österreich“ zu finden sind.

In dieser Schulstufe werden auch zum ersten Mal die Konzepte der natürlichen Selektion angeführt. Diese sind im Kapitel der Evolution (ebd. 2012a: 108ff) zu finden und werden mit einer Gegenüberstellung von den Theorien Lamarcks und Darwins näher beschrieben. Auf der Seite 109 findet sich ein Absatz über eine evolvierende Giraffenpopulation und wie sich diese anhand der beiden verschiedenen Theorieansätze entwickelt. Es befinden sich im Text die sehr ausgiebigen, richtigen Erläuterungen zu diesen Theorien, aber kritisch kann die Gestaltung der Seitenspalte, siehe Abbildung 5 hinterfragt werden. Denn hier wird einmal ein Bild zur Unterstützung der Theorie von Lamarck und einmal ein Text zur Unterstützung der darwinistischen Sichtweise zur Verfügung gestellt.³



Abb. 6: Spalteninformation verändert nach (ebd. 2012a: S. 109)

Weiters anzumerken ist die Definition der Evolution in der Spalte. Dort werden die Begriffe „von einfachen zu höher entwickelten Lebewesen“ angeführt, die eine teleologische Vorstellung bei Schüler/innen auslösen kann (KATTMANN 2015: S. 174). Wie oben schon erwähnt, werden beide Theorien im Fließtext anhand mehrerer Giraffen erklärt. Der vorhandene Populationsgedanke ist daher auch in der Concept Map durch die bläuliche Umrandung bei beiden Konzepten ersichtlich. Auch diese beiden Konzepte sind verbunden, da sie beide auf einer Buchseite auftreten. Zusätzlich zu den genannten finden sich keine weiteren Konzepte in diesem Schulbuch wieder.

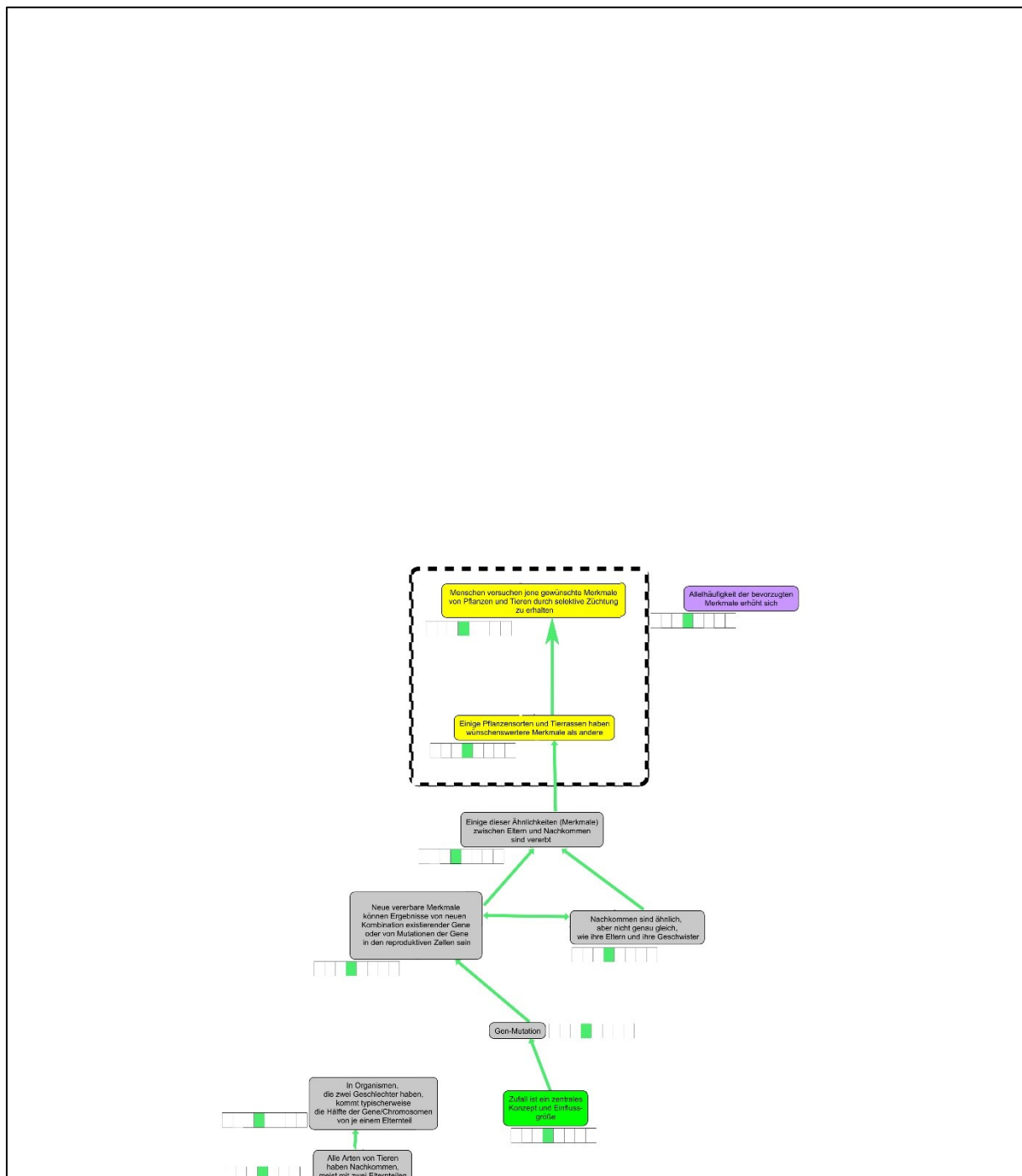
³ Es wird anzunehmen sein, dass sich das Bild gegenüber dem Text mit der reflektierenden Denkaufgabe eher durchsetzen wird. Blickt man kurz auf diese Schulbuchseite, bleibt einem somit genau die falsche Theorie im Gedächtnis und nicht die der natürlichen Selektion.

Bei der Gestaltung der Seitenspalte würde sich empfehlen, entweder beide Theorien als Bilder darzustellen oder beide weglassen und nur die Denkübung anführen. Die Darstellung einer Giraffe ist ebenfalls zu vermeiden

4.2.4. Reihenwerk Begegnung 4

Auf der nächsten Seite zu finden ist die Concept Map des Schulbuches für die Schulstufe 8. Klar ersichtlich ist abermals die vorhandene Säule der künstlichen Selektion und die vielen Konzepte im Bereich Fortpflanzung und Vererbung.

Die Konzepte aus dem letztgenannten Bereich finden sich vor allem im Kapitel „Genetik“ wieder (BIEGL 2012b: 110ff). Auf über zehn Seiten werden eigentlich alle Konzepte dieses Bereiches, bis auf das Konzept „Vielfalt durch Rekombination von Genen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung“, abgedeckt.



Concept Map 12: Analyse Begegnung 4

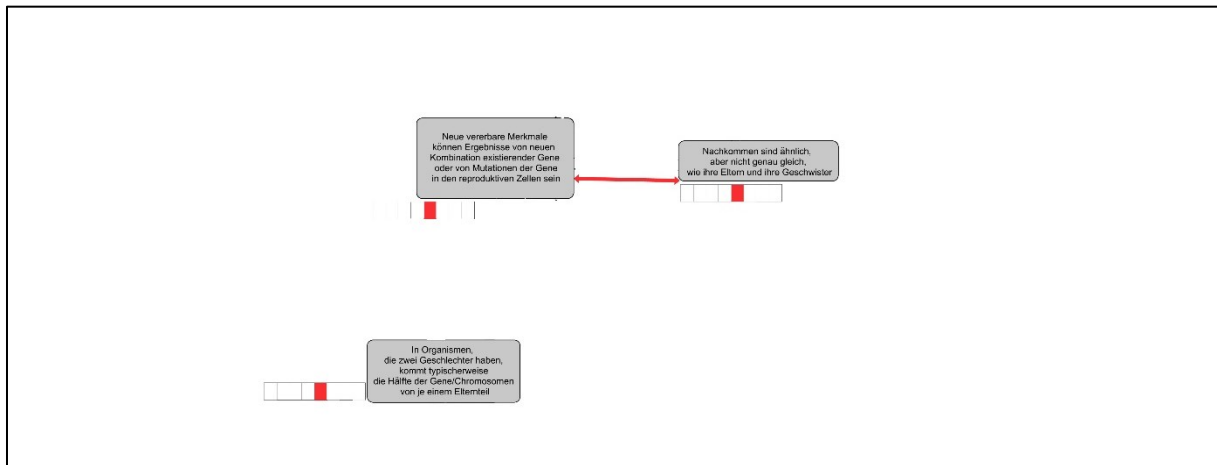
Dieses Konzept ist durch keine codierte Stelle im Schulbuch vertreten. Das gesamte Buchkapitel skizziert auch einige Beispiele für die jeweiligen Konzepte, meistens wird dies anhand des Beispiels Mensch durchgeführt. Die Mendelschen Vererbungsregeln werden wiederum an dem bekannten Beispiel der Erbsen erläutert. Der Bereich der sexuellen Selektion ist mit dem Konzept der Allelhäufigkeit vertreten (ebd. 2012b: S. 118).

Die Definition, die in dieser Seitenspalte gegeben wird bezieht sich auf die Auslese und ist äußerst umfassend. Sie beschreibt nicht nur die Veränderung der Allelhäufigkeiten, sondern verweist auch auf ein Schulbuchkapitel vom vorigen Jahr. Diese Definition findet sich auf den Doppelseiten, die der künstlichen Selektion gewidmet sind (ebd. 2012b: 118f). Auf diesen zwei Seiten werden die Konzepte abgehandelt und ebenfalls mit den Konzepten aus dem Schulbuch der dritten Klasse verknüpft. Die künstliche Selektion wird um die „moderne“ Interpretation der Zucht und der Gentechnik erweitert und vertieft. Beide Konzepte wurden sowohl verbunden als auch mit dem schwarzen Strich umrahmt, da noch einmal extra auf den Zeitaspekt hingewiesen wird. Im Vergleich zu den vorigen Klassen befinden sich sehr viele Verbindungen zwischen den Konzepten, da hier innerhalb eines Kapitels alle Konzepte erwähnt werden. Die Konzepte der künstlichen Selektion befinden sich ebenso in dem Kapitel „Genetik“.

4.2.5. Reihenwerk Begegnung 5

Das Schulbuch der 5. Klasse zeigt ähnlich wie das der 2. Klasse kaum vorhandene Konzepte. Es befinden sich insgesamt drei Konzepte im gesamten Biologiebuch und diese lassen sich alle dem Bereich der Fortpflanzung und Vererbung zuordnen. Alle drei Konzepte werden im Zuge des Kapitels „Botanik“ besprochen. Dieses Schulbuch erweitert somit diesen Bereich von zuvor nur tierischen Lebewesen um die pflanzlichen Lebewesen. Das Konzept, das besagt, dass normalerweise Organismen mit zwei Geschlechtern jeweils die Hälfte ihrer Chromosomen von je einem Elternteil bekommen, wird mithilfe der geschlechtlichen Fortpflanzung bei Pflanzen erläutert (ebd. 2013: S. 157). Das Konzept wird zwar ansprechend erklärt, aber der Fokus liegt bei der ungeschlechtlichen Vermehrung bei den Pflanzen. Diese wird um ein Vieles ausführlicher erklärt als die geschlechtliche Reproduktion. Die beiden vorhandenen und verbundenen Konzepte, die sich jeweils auf die Nachkommen beziehen, sind ebenfalls auf dieser Seite vertreten, da auch bei Pflanzen die Nachkommen ähnlich aussehen und dies auch beschrieben wird. Diese Konzepte werden aber nochmals

weiter vorne bei dem Kapitel „Zellbiologie“ veranschaulicht (ebd. 2013: S. 19) Dort werden die beiden Konzepte genauer erläutert und auf die mikrobiologische Basis genauer eingegangen.



Concept Map 13: Analyse Begegnung 5

In dieser Schulstufe, wie oben schon erwähnt, konnten ansonsten keine weiteren Konzepte mehr codiert werden. Es werden zwar hin und wieder einzelne andere Konzepte erwähnt, wie zum Beispiel die Zucht (ebd. 2013: S. 52), aber richtig implementiert sind diese nicht und daher auch nicht codiert.

4.2.6. Reihenwerk Begegnung 6

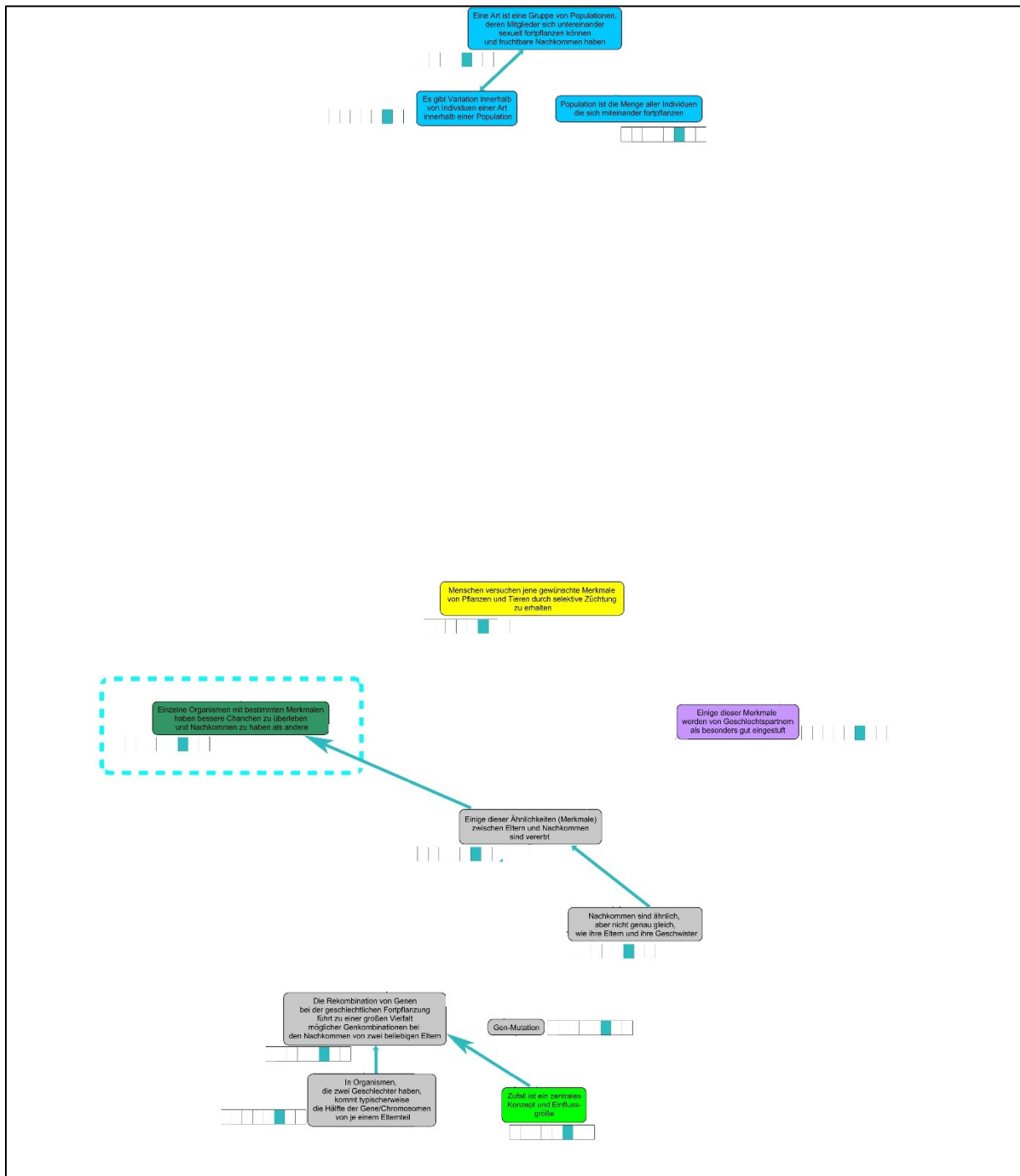
Die Concept Map auf der nachfolgenden Seite zeigt eine eher zerstückelte Concept Map für das Schulbuch dieser Schulstufe. Auch hier soll kurz nochmal erwähnt sein, dass dieses Schulbuch für zwei Schulstufen gedacht ist, da meistens in der 11. Schulstufe kein eigenes Biologiebuch vorliegt.

Beginnend mit dem Bereich über Population ist zu sagen, dass alle Konzepte erwähnt und angeführt sind. Die biologische Artdefinition inklusive der Erwähnung der Fortpflanzungsgemeinschaft ist im ersten Kapitel „Fortpflanzung und Entwicklung“ zu finden (ebd. 2014: S. 10). Der Begriff Population wird ebenfalls das erste Mal in diesem Kapitel bei dem Vergleich der sexuellen und asexuellen Reproduktion erwähnt. Der Begriff wird im Text auf dieser Seite (ebd. 2014: S. 22) einige Male verwendet, aber erst viel weiter hinten (ebd. 2014: S. 160) im Buch definiert. An der Stelle, wo die Definition der Population angeführt ist, wird diese unter dem Begriff „Populationsökologie“ gestellt, der einerseits wiederum nicht definiert ist und andererseits auch anders definiert wird.⁴ Das Konzept der Variation innerhalb einer Population ist ebenfalls auf Seite 22 angegeben und führt auch gleich in ein anderes Konzept über, das der natürlichen Selektion. Denn auch von diesem Bereich ist das erste Konzept vertreten. Es heißt weiter dort im Text, dass manche Individuen widerstandsfähiger sind als andere und weil die gesamte Zeit die Rede von mehreren Organismen bzw. von Populationen ist, bedeutet das, dass für dieses Konzept auch das Konzept der Population erfüllt ist und deshalb einen blauen Rahmen mit einem blauen Rahmen versehen wird.

Viele Konzepte des Bereiches Fortpflanzung und Vererbung sind auf den ersten Seiten des Schulbuches angegeben und befinden sich im Kapitel „Zellbiologie“ oder auch im Kapitel „Fortpflanzung und Entwicklung“. Kritisch anzumerken ist, dass die meiotische Zellteilung als wichtige Voraussetzung für die sexuelle Reproduktion zwar angeführt wird, aber dann eine wichtige Komponente, die zufällige Rekombination der homologen Chromosomen (Crossing - over), nicht erläutert wird und auch nicht in der Abbildung wiedergefunden werden kann (ebd. 2014: S. 15). Bei dieser Concept Map fällt die Querverbindung von dem Konzept „Nachkommen sind ähnlich“ bis hin zu dem ersten Konzept der natürlichen Selektion auf. Dies ist gegeben, da sich alle drei

⁴ Die Population wird mithilfe des Artbegriffes erläutert, hier wäre ein Verweis auf Seite 10 oder eine weitere Erläuterung angebracht.

Konzepte innerhalb eines Buchkapitels befinden und auch aufeinander Bezug nehmen.



Concept Map 14: Analyse Begegnung 6

Die künstliche Selektion ist auch mit einem Konzept vertreten, das sich wiederum auf der Seite 22 befindet und über Pflanzenzucht handelt. Ein letztes Konzept wird im Kapitel der "Verhaltensbiologie" genannt (ebd. 2014: S. 130). Das erste Konzept der sexuellen Selektion wird im Zusammenhang mit dem Tierverhalten erläutert. Es wird

auch eine kurze Definition gegeben, die nicht über den Theorieansatz der „female choice“ innerhalb des Verhaltens hinausgeht.

Dieses Schulbuch ist bisher jenes mit den meisten Konzepten innerhalb dieser Schulbuchreihe und ist in vielen Bereichen der Concept Map vertreten.

4.2.7. Reihenwerk Begegnung 8

Diese Concept Map ist wie auch schon bei der anderen Schulbuchreihe die komplexeste und ausgiebigste der Reihe. Es sind bis auf zwei Konzepte der sexuellen Selektion alle mindestens einmal in diesem Schulbuch als erfüllt codiert worden.

Die Säule der sexuellen Selektion ist nicht im Schulbuch verankert, da nur ein einziges Konzept als erfüllt gilt. Dieses befindet sich unter dem Thema der Populationsgenetik (ebd. 2015: S. 107) und wird dort sehr ausführlich besprochen. Hier besteht aber eigentlich mehr ein Zusammenhang mit den selektiven Prozessen und der Evolution an sich und nicht unbedingt der sexuellen Selektion. Da aber, wie in Kapitel 3.2. beschrieben, auch zwischen den drei Bereichen eigentlich viele Verbindungen sind, wird dieses Konzept auch codiert.

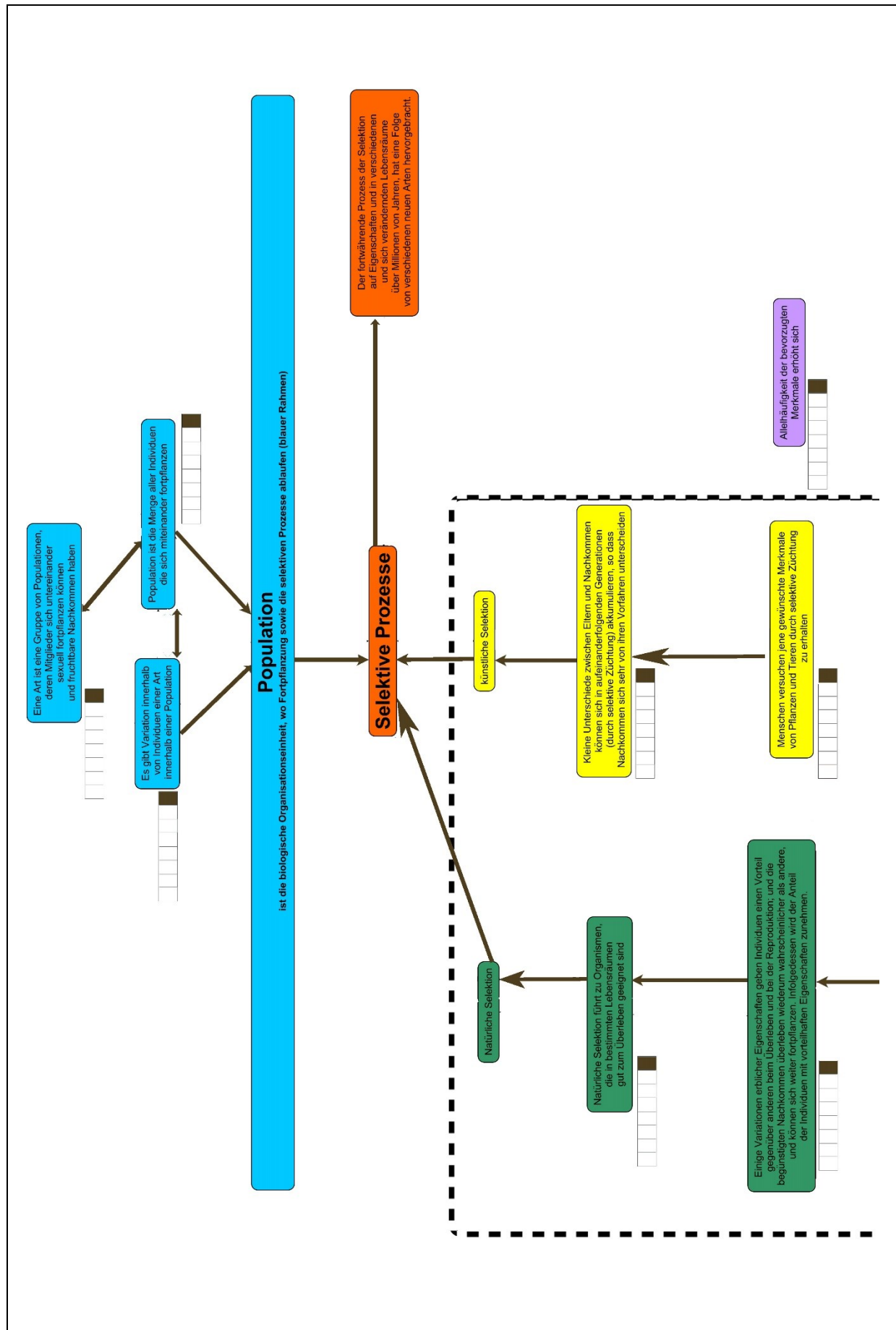
Der erste Bereich, der in diesem Schulbuch mit allen Konzepten vorhanden ist, ist der der Population und seinen drei Konzepten. Diese befinden sich ausführlicher auf mehreren Seiten verteilt und in zwei Kapiteln näher erklärt. Das Konzept der auftretenden Variation innerhalb von Populationen wird im Kapitel „Evolution“ anhand der Überlegungen Darwins geklärt und durch eine ausgiebige Definition von Variabilität vertieft (ebd. 2015: 102f). Auf diesen Seiten folgen die Definitionen einer Art und der Population und beide befinden sich untereinander, damit diese beiden Konzepte besser verknüpft werden können. Diese Definitionen werden aber nochmals in einem anderen Zusammenhang im Kapitel „Gentechnik“ beschrieben und auch dort befinden sich beide Begriffsbestimmungen direkt auf einer Seite (ebd. 2015: S. 76). In diesem Schulbuch wird auch die Population als Grundeinheit der Evolution ausgelegt und durch die Allelfrequenzänderung in einem Genpool näher beschrieben (ebd. 2015: S. 107).

Das angesprochene Kapitel beinhaltet auch weitere Konzepte, nämlich die der künstlichen Selektion. Es wird nochmals die Domestikation bei Nutztieren angeführt, dann auf die weiteren Zuchtmethoden und schließlich auch modernere Formen der künstlichen Selektion eingegangen, die durch gentechnische Möglichkeiten gegeben ist (ebd. 2015: 74ff). Das Konzept der Zeit ist immer angegeben, daher werden die Konzepte auch mit einem schwarzen Rahmen umrandet.

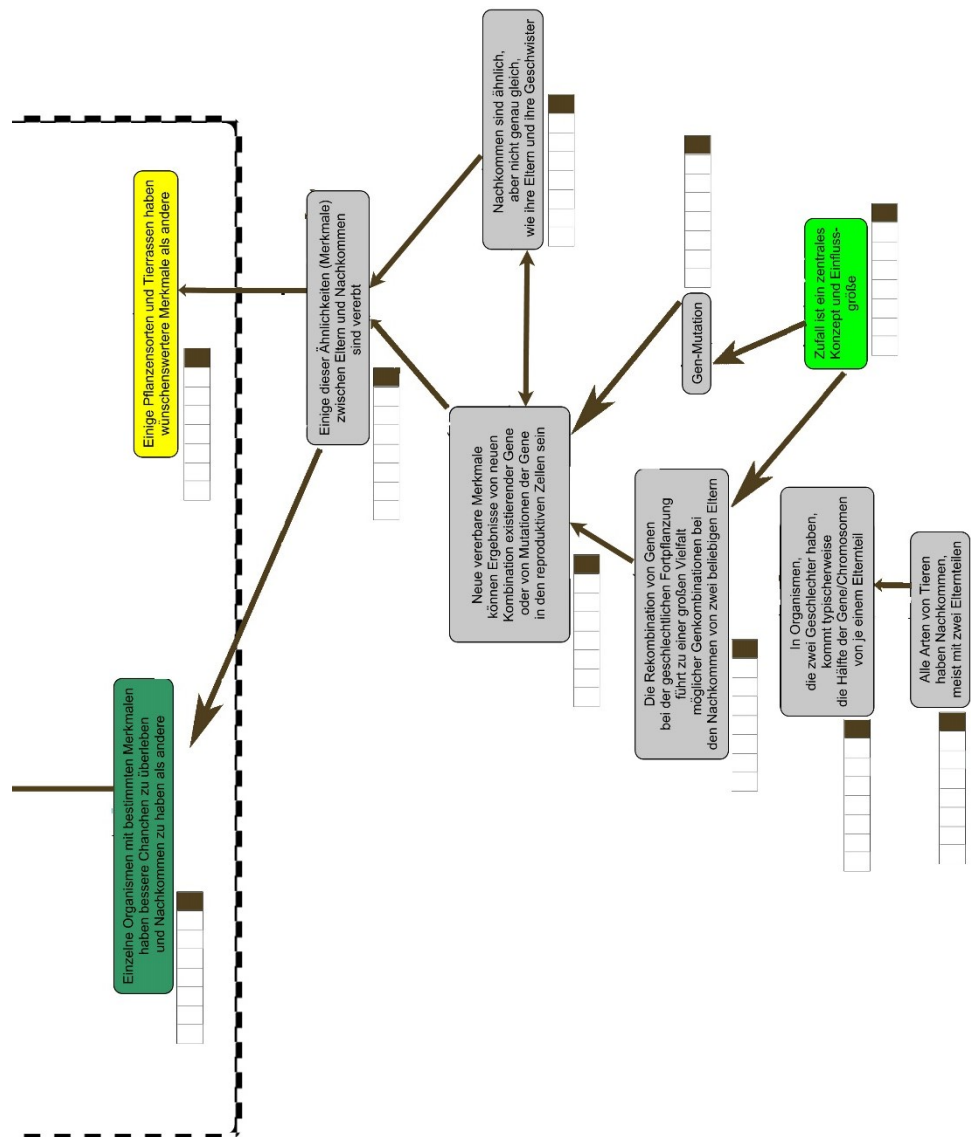
Das letzte Konzept in bei der künstlichen Selektion ist hier in diesem Kapitel zum ersten Mal in der Schulbuchreihe explizit durch ein Beispiel vertreten. Es wird auf die gesteigerte Legeleistung bei Hühnern hingewiesen, die durch künstliche Selektion der am stärksten eierlegenden Exemplare heute auf eine Legeleistung von mehreren hundert Eiern pro Jahr kommen.

Der zweite vollständige Themenkomplex umfasst die Konzepte der Fortpflanzung und Vererbung. Diese werden weitgehend in dem Kapitel „Grundlagen der Genetik“ auf den ersten Seiten des Schulbuches beschrieben (ebd. 2015: 4ff). Sowohl die Vererbung durch die die Nachkommen ihre Erbinformationen von den Eltern bekommen, als auch dass es zu einer Rekombination durch den Austausch von Chromosomen kommen kann, wird hier beschrieben. Ein weiteres Beispiel für die Vererbung wird mit den Blutgruppen gegeben (ebd. 2015: S. 50). Die Wichtigkeit der Mutationen wird im Kapitel „Molekulargenetik“ näher erläutert und es werden verschiedene Ebenen der Mutation angesprochen (ebd. 2015: 34ff). Das Konzept des Zufalls wird häufig in diesen Seiten codiert, da viele Sätze mit einem „zufällig“ formuliert werden. Außerdem ist der Zufall auch mit dem Konzept der Rekombination verknüpft und wird später bei der künstlichen Selektion genannt (ebd. 2015: S. 74).

Der Bereich der natürlichen Selektion ist ebenfalls vollständig im Schulbuch vorhanden und jedes Konzept konnte einmal codiert werden. Die natürliche Selektion beginnt im Kapitel „Evolution“ und wird einen ganzen Absatz lang definiert und beschrieben (ebd. 2015: S. 102). Hier wird auf die Zufälligkeit der Vorteile bei den Organismen und deren Vorteil Nachkommen zu bekommen und diese wiederum Nachkommen zu bekommen usw. eingegangen. Durch diesen Absatz sind die ersten beiden Konzepte als erfüllt anzusehen. Das dritte Konzept, dass daraus für einen bestimmten Lebensraum gut angepasste Organismen hervorkommen, ist bei der Beschreibung der Mutationen zu finden, da auch hier eine Definition der natürlichen Selektion erfolgt (ebd. 2015: S. 40). Die Synthese aller selektiven Prozesse und die Wichtigkeit der verschiedenen anderen Prozesse (genetischer Drift, Genfluss, etc.) für die Evolution sind auf den Seiten 106 und 107 nochmals zusammengefasst und ermöglichen, falls alle davorliegenden Konzepte von den Schüler/innen verstanden und gelernt wurden, ein tieferes Verständnis von der Evolution (oranges Konzept).



Concept Map 15: Analyse Begegnung 8



Concept Map 15: Analyse Begegnung 8

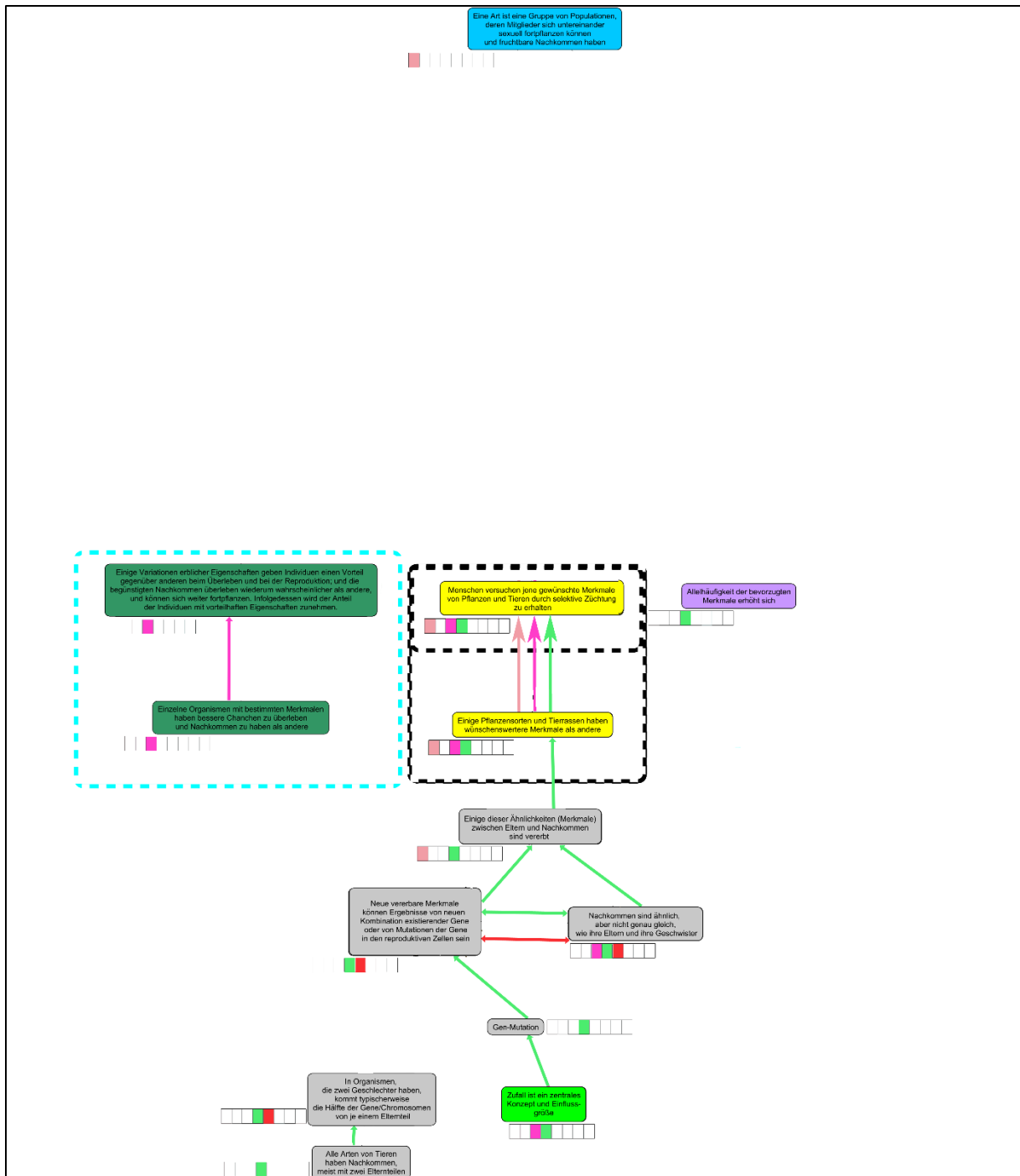
4.2.8. Zwischenfazit Schulbuchreihe Begegnung

In den Unterstufenbüchern wird versucht, die beiden Bereiche natürliche und künstliche Selektion relativ früh einzuführen. Beide Thematiken werden spätestens in den Schulbüchern der dritten Klasse, die diese Themen im Lehrplan angeführt haben, dargelegt. Die Grundlagen werden im Gegensatz dazu aber relativ spät, erst in der 4. Klasse, genannt. Dass sowohl das Konzept der Zeit als auch der Population in den Büchern zur Erwähnung kommt, ist zwar klar in den Concept Maps ersichtlich, doch dies muss nicht immer bei jedem einzelnen Beispiel der Fall sein. Es wurden auch andere Sätze gefunden, in denen nicht die Mehrzahl, sondern von „dem Tier“, „der Pflanze“ oder „dem Lebewesen“ die Rede war. Der Zeitaspekt wurde aber bei den markierten Konzepten eigentlich durchgängig beibehalten.

In dieser Schulbuchreihe wird der Bereich der sexuellen Selektion nicht oft angesprochen. Dieser wird insgesamt nur zwei Mal erwähnt und es wird anscheinend kein Fokus daraufgelegt. Der Bereich der natürlichen Selektion wird schon relativ früh in der Schulstufe sieben eingeführt und auch in die Schulstufe 8 gleich weiterverbunden. In den Schulbüchern, mit denen bis zu dem Ende der Schulpflicht gearbeitet wird, finden auch hier wenige Konzepte des Bereiches „Fortpflanzung und Vererbung“ Einzug und auch die Verbindungen zwischen den Konzepten sind kaum vorhanden. Die künstliche Selektion ist einmal mehr der Hauptfokus in der Unterstufe, wie die modifizierte Concept Map auf der gegenüberliegenden Seite zeigt.

Die künstliche Selektion zeigt generell die stärkste vertikale Verknüpfung in dieser Schulbuchreihe. Es fehlt im Pflichtschulbereich auch die genaue Definition des Konzeptes Population, da dieses selbst nicht angeführt wird, aber bei der natürlichen Selektion als selbstverständlich miteinbezogen wird.

Die Schulbücher der Oberstufe zeigen wieder ein vollkommen anderes Bild der Konzepte als die Unterstufenbücher. Es werden alle Bereiche erläutert und fast jedes Konzept angeführt. Die Verbindungen der meisten Konzepte werden aber erst in dem Schulbuch der 8. Klasse durchgeführt. Außerdem fehlt hier die Implementierung des Populationskonzeptes bei den Selektionsformen, was trotz richtiger Definition (siehe oben Kapitel 4.3.7. Analyse Begegnung 8) nicht bei den Konzepten praktiziert wird.



Concept Map 16: Konzepte der schulpflichtigen Schulstufen

5. Zusammenfassung zentraler Ergebnisse und Diskussion

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten Ergebnisse der Analyse der beiden Schulbuchreihen besprochen, ein Vergleich dieser beiden angestellt, mit den Ergebnissen von WÄGER (2017) abgeglichen und schlussendlich die Forschungsfragen beantwortet werden.

5.1. Wesentliche Analysefunde

Der erste wesentliche Punkt, der in den Schulbüchern immer wieder angetroffen wurde, ist die teils falsche Anwendung des Konzeptes der natürlichen Selektion. Es ist zwar richtig zu schreiben, dass diese auf der Ebene des Individuums ansetzt, aber die Veränderungen sind auf der Ebene der Population zu finden. Diese Unterscheidung wird von den Schulbüchern nicht klar herausgearbeitet und wird immer wieder miteinander abwechselnd präsentiert und/oder auch gleichzeitig in einem Satz erwähnt. Da keine klare Abgrenzung des Wirkungsbereiches und der Auswirkungen der natürlichen Selektion vorhanden ist, kann dies zu Verwirrungen bei den Lernenden beitragen. Gerade die Aussage, dass sich die Individuen durch Selektion anpassen, kann zu großen Lernblockaden führen und verstärkt noch die teleologischen Denkansätze der Schüler/innen. Überdies wird davon ausgegangen, dass die zielgerichteten theoretischen Überlegungen trotz später biologisch fachlich korrekter Erläuterungen bei den meisten Lernenden höchstens überdeckt werden, aber nie richtig abgelegt werden können (EICHHORN-JOHANNSEN et al. 2005: S. 27; GREGORY 2009: S. 167). Gregory argumentiert weiter, dass gerade Kinder den teleologischen und anthropomorphen Ansichten nachhängen, da sie durch ihre Vorerfahrungen nur zielgerichtetes und zweckgerichtetes Verhalten kennen und dies dann auf alles übertagen. Als Beispiel führt Kelemen et al. an, dass Kinder sogar spitzen Steinen einen Zweck geben, damit sich Tiere nicht darauf setzen können (KELEMEN et al. 2009: S. 139). Solche extremen Beispiele finden sich nicht in den Schulbüchern, aber ein Beispiel aus dem Schulbuch bio@school 1 zeigt ähnliche Tendenzen auf: „Das Verdauungssystem der Nagetiere ist an [...] angepasst“ (SCHERMAIER et al. 2015b: S. 51). Auch in den Schulbüchern der anderen Schulbuchreihe finden sich ähnliche Formulierungen: „In einer sich verändernden Umwelt ist es wichtig, sich neuen Umweltbedingungen anpassen zu können“ (BIEGL

2014: S. 137). Solche Formulierungen müssen sich immer auf die Populationsebene beziehen, um die Fehlvorstellungen auszubessern und nicht noch zu verstärken. Ein weiteres Beispiel in Bezug auf die natürliche Selektion wird auch im Biologiebuch der 8. Klasse genannt, denn da wird die natürliche Selektion als „die Auswahl durch die Umwelt“ dargestellt (siehe nachfolgende Abbildung).

■ **natürliche Selektion**

Auswahl durch die Umwelt; Individuen, die für das Überleben in einer bestimmten Umwelt die besseren Voraussetzungen mitbringen, also aufgrund ihres Erbmaterials besser angepasst sind, haben eine größere Überlebenschance als solche, die nicht die für die Umweltbedingungen optimalen Gene aufweisen. Durch die Umwelt findet also eine Auslese statt. Dies bedeutet aber, dass Mutationen bei gut angepassten Individuen und unveränderten Umweltbedingungen fast immer negative Auswirkungen haben, da sie in gut funktionierende Abläufe eingreifen.

Abb. 7: Definition Begegnung 8 Quelle: (ebd. 2015: S. 137)

Die natürliche Selektion ist ein Prozess, für den bestimmte Voraussetzungen gegeben sein müssen, aber es tritt keine aktive Auswahl oder Auslese durch irgendjemanden oder -etwas auf. Diese Definition verliert durch die Benützung dieser beiden Begriffe stark an Aussagekraft, da ansonsten die Erläuterung durch die Wahrscheinlichkeiten und den Reproduktionserfolg sehr gut gewählt ist. Hinzu kommt, dass sich diese Definition aber nicht bei dem Kapitel „Evolution“, sondern bei dem Abschnitt „Mutationen“ wiederfindet. Bei dem evolutionären Thema wird nur noch: „natürliche Zuchtwahl, Auswahl durch Umwelt“ als Definition gegeben (ebd. 2015: S. 102). Solche Formulierungen sind zu hinterfragen und zu verwerfen. Insbesondere bei solchen wesentlichen Konzepten, die mit bekannten Lernhindernissen in Verbindung gebracht werden, sollten Autor/innen auf eine sehr sprachbewusste Schreibweise achten.

Eine zweite Erkenntnis, die nur sehr spärlich in den Schulbüchern vorkommt, meist nur in der Schulstufe 12, ist das Konzept der Zeit. Auf diesen Aspekt wird zwar am weitesten gehend bei der künstlichen Selektion immer wieder verwiesen, aber bei der natürlichen Selektion wird dies meist vernachlässigt. Da sich die Zeiträume extrem lange erstrecken können und die Lebenszeit eines Menschen im Schnitt von 70 Jahren für evolutionäre Prozesse keine merkbaren Auswirkungen zeigt, sind noch größere Zahlen sehr schwer zu fassen. Es können sich die wenigsten Menschen sehr große Zahlen, wie eine Million Jahre vor Augen führen und sich den Prozess in dieser Zeit

vorstellen. Nichtsdestoweniger sollten diese Zeitangaben bei den Prozessen angegeben sein, da evolutionäre Prozesse meistens über sehr lange Zeiträume hinweg erst Auswirkungen zeigen. Diese müssen nicht konkret mit einer exakten Zahl angegeben sein, sollten aber auch nicht wie in den Schulbüchern häufig mit den Worten „im Laufe der Zeit“ angeführt werden. Denn die Bezeichnung „im Laufe der Zeit“ kann für eine/n Schüler/in je nach Alter vielleicht 100, 1000, 10.000 oder mehr Jahre bedeuten. Als Gegenüberstellung für kurze Zeiträume sollte immer wieder die künstliche Selektion mit ihren Beispielen wie die diversen Resistenzen bei Insekten oder Bakterien genannt werden.

Eine dritte Erkenntnis, die hier angeführt werden sollte, sind die fehlenden Konzepte aus dem Bereich Fortpflanzung und Vererbung. Diese werden als Konzepte der Basis angesehen und sind für das Verständnis der späteren Konzepte der Selektionsformen elementar. Deswegen sollten diese eigentlich schon davor behandelt worden sein. Vergleicht man die Schulbücher der Unterstufen mit denen der Oberstufe so werden jene Konzepte aus diesem Bereich meistens nur einmal in den vier Werken der Unterstufe angesprochen. Eine Erklärung und ein Interpretationsversuch führen dahin, dass es sich um sehr einfache Konzepte handelt und diese schon in früheren Jahren (Kindergarten, Volksschule) gelehrt werden. Die anspruchsvolleren Konzepte der Rekombination und Mutation werden aber wahrscheinlich nicht in diesen Altersklassen erläutert und sollten dann Gegenstand der Unterstufe sein, sind aber jeweils mit nur wenigen Konzepten vertreten. Von einer vertikalen Vernetzung und/oder Learning Progression in diesem Themenkomplex kann in diesen Büchern nicht gesprochen werden. Die Konzepte aus demjenigen Bereich werden dann sowohl in der 10. und 12. Schulstufe alle behandelt und hier kann von einer vertikalen Vernetzung die Rede sein, da hier die Konzepte fast immer durchgehend verbunden sind und so eine wichtige Basis für die nachfolgenden Konzepten bieten. Dass jene Konzepte auch in der Unterstufe oder sogar noch früher unterrichtet werden können, zeigen auch die Untersuchungen und die Strandmaps des Projektes 2061 (AAAS 2016).

Als letzte wichtige Einzelerkenntnis soll hier die Unterscheidung der Begriffe Bevölkerung und Population nochmals thematisiert werden. Bei der genaueren Analyse der Schulbücher zeigte sich, dass es häufig zu einer synonymen Verwendung der Begriffe „Bevölkerung“ und „Population“ kam. Wie in Kapitel 2.1.6. schon beschrieben, besteht aber zwischen diesen Begrifflichkeiten ein sehr großer Unterschied, da es sich um verschiedene Ansätze aus unterschiedlichen

Wissenschaftsgebieten handelt. Der Begriff der Bevölkerung wird relativ früh in beiden Schulbuchreihen verwendet, sowohl in dem Buch „Begegnung 1“ als auch bei bio@school 1. Bei beiden Erwähnungen wird der Begriff „Bevölkerung“ demographisch verwendet und bezeichnet die menschliche Bevölkerung in einem gewissen Gebiet. Es folgt aber in den darauffolgenden Schulbüchern keine Definition der Bedeutung des Begriffes „Bevölkerung“ in dem demographischen Sinn. Dieser Begriff wird bei beiden Schulbuchreihen bis in die Schulbücher der Oberstufe als demographische Beschreibung einer Bevölkerung gesehen. Einige Auszüge von Beispielen, hier nur für eine Reihe, sind nachfolgend dargestellt:

Schulbuch	Beispiel
bio@school 1:	[...] durch Bevölkerungszunahme wurde der Lebensraum des Wolfes [...] (Schermaier et al. 2015b: S. 31)
bio@school 3:	[...] überwiegende Mehrheit der Bevölkerung konsumiert Fleisch [...] (ebd. 2016b: S. 102)
bio@school 4:	[...] müssen mehr als 90% der Bevölkerung geimpft sein [...] (Miksche et al. 2016: S. 107)
bio@school 5:	[...] menschliche Bevölkerung im Jahr 2050 [...] (Schermaier et al. 2015a: S. 20)
bio@school 6:	[...] universelle Prävention an große Bevölkerungsgruppen [...] (Schermaier et al. 2015c: S. 21)
bio@school 8:	[...] Diabetes mellitus betrifft ca. 2,5-6% der Bevölkerung [...] (Schermaier et al. 2016c: S. 45)

Abb. 8: Beispiele für demographische Bevölkerung

Bedenklich ist dann die Entwicklung in den Schulbüchern der Oberstufe, vor allem die der Schulstufen 10-12. Dort wird der Begriff Bevölkerung auf einmal synonym für den Begriff der Population herangezogen, ohne jeglicher Abgrenzung und Definition. Die Schüler/innen müssen selbstständig den Unterschied herausfinden oder eben mit dieser falschen Vorstellung umgehen lernen. Hinzu kommt, dass bei beiden Schulbuchreihen (BIEGL 2014: S. 160; SCHERMAIER et al. 2016c: S. 8) sogar bei der Definition der Population der Begriff „Bevölkerung“, aufgrund der Herleitung aus dem lateinischen Wort „populatio“, angeführt wird. In den Schulbüchern kommt es dann häufig vor, dass das Wort „Bevölkerung“ anstatt dem vorzuziehenden Begriff „Population“ gewählt wird (siehe auch Analyse bio@school 5 und 6).

Die Bevölkerung in der Wissenschaftsdisziplin der Demographie als Population zu bezeichnen wird von den meisten Forscher/innen als veraltet angesehen und auch die

umgekehrte Weise sollte vermieden werden und in der Biologie nur der Begriff der Population verwendet werden.

5.2. Vergleich der Schulbuchreihen

Der größte Unterschied der zwischen den Schulbüchern auffällt, wenn die Concept - Maps verglichen werden, ist die fehlende Besprechung der sexuellen Selektion bei der Schulbuchreihe „Begegnung“. Dies wurde bei der Analyse schon kurz angesprochen und soll hier nochmals erläutert werden. Beide Schulbuchreihen gehen nicht auf die sexuelle Selektion in den Biologiebüchern der Unterstufe ein, obwohl diese durchaus in gewissen Kapiteln unterrichtet werden könnten⁵. In den Oberstufenbüchern findet nur eine Implementierung in der bio@school Reihe statt. Dort werden dieser Selektionsform ganze Seiten gewidmet und man geht sogar auf die Unterscheidung von inter- und intrasexueller Selektion ein. In der anderen Schulbuchreihe findet keine genauere Erwähnung der sexuellen Selektionsform und deren Unterteilung statt.

Der Fokus bei beiden Reihen liegt klar auf der künstlichen Selektion und hier ist eine sehr gute vertikale Vernetzung zu erkennen. Hier kann auch von einer Learning Progression gesprochen werden, da die Konzepte immer wieder bei den verschiedensten Kapiteln in den unterschiedlichen Schulstufen angesprochen werden und somit immer Neues mit dem schon Gelernten zu verknüpfen versuchen. Diese vertikale Verknüpfung gelingt der Reihe Begegnung ein wenig besser, da sie diese wirklich sehr oft anspricht.

Eine weitere Unterscheidung sind die beiden Konzepte Zeit und Population. Der Populationsgedanke tritt stärker bei der bio@school - Reihe auf als bei der Begegnung – Reihe. Fast genau umgekehrt verhält es sich mit dem Konzept der Zeit. Dieses ist bei der Begegnung – Reihe besser implementiert als bei der anderen Schulbuchreihe. Beide versuchen aber in den Biologiebüchern der Oberstufe diese beiden Konzepte mit den drei Selektionsformen hin und wieder zu vereinen. Dies könnte auch auf die Unterstufe ausgeweitet werden und auch dort einen größeren Einzug in die Konzepte haben.

⁵ z.B.: Kapitel „Wirbeltiere und Wirbellose“ bio@school 2 oder auch in der 4. Klasse bei dem Thema Sexualität

5.3. Vergleich mit den Ergebnissen von WÄGER (2017)

Eine zentrale Erkenntnis der Schulbuchanalyse von Wäger war, dass es zu einer fehlenden Implementierung der Population in den Schulbüchern kommt. Dies kann sowohl bestätigt als auch kritisch diskutiert werden. Die fehlende Einbindung in den Unterstufen lässt sich durch die Analyse der beiden Schulbuchreihen nur teilweise bestätigen, da in der Reihe „Begegnung“ die natürliche Selektion mit dem Populationsgedanken in dem Schulbuch für die dritte Klasse erklärt wird. Ansonsten kann diese qualitative Analyse den quantitativen Ergebnissen von ebendiesem zustimmen, da das Konzept hauptsächlich in der Oberstufe zu tragen kommt.

Ein weiterer Kritikpunkt von ebd. (2017) war die fehlende Implementierung der Konzepte über mehrere Klassen hinweg und auch hier kann nicht vollständig zugestimmt und muss differenziert betrachtet werden. Denn beachtet man die Concept Map der beiden Schulbuchreihen im Verlauf der Schulstufen lässt sich eine gewisse Lernkurve feststellen, da die einzelnen Konzepte nach und nach präsentiert und eingeführt werden. Der Fokus, wie auch schon ebd. (2017) schreibt, liegt auf den Jahren, wo die Thematik der Evolution auch im Lehrplan zu finden ist, also in den Schulstufen 7 und 12. Außerdem finden die Selektionsformen mehr Beachtung in den Klassen der Oberstufe als in der Unterstufe, obwohl alle Themenbereiche in der Unterstufe mit mindestens einem Konzept vorhanden sind. Nichtsdestoweniger finden sich wenig echte Verbindungen und Verweise zwischen den Konzepten und daher liegt diese Aufgabe noch immer bei dem/r Lehrer/in diese herzustellen, damit dann den Schüler/innen ein aufbauendes kumulatives Lernen ermöglicht wird. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die qualitativen Ergebnisse dieser Arbeit die quantitativen Funde im Großen und Ganzen bestätigen.

5.4. Beantwortung der Forschungsfragen

In diesem Kapitel sollen die Forschungsfragen eine Beantwortung erfahren und die Ergebnisse mit diesen in Verbindung gebracht werden.

1. Welche fachlichen Fehler lassen sich in den Schulbüchern in Bezug auf die formulierten Konzepte finden?

Häufig auftretende Fehler sind Begriffsschwierigkeiten, da diese entweder nicht ordentlich definiert werden oder eine nicht richtige Verwendung finden. Einige

Beispiele für Begriffe sind oben in der Analyse genannt worden und ein Begriff, der zu Missverständnissen führen kann wurde näher beschrieben, nämlich der Begriff der Bevölkerung. Bei den meisten Begriffen kommt es zu keiner oder einer sehr späten Definition in den Schulbüchern (siehe Kapitel 4.3.8.), aber es kommt auch immer noch zu falschen Definitionen der Begrifflichkeiten in Schulbüchern. Außerdem werden Bilder und andere Inhaltselemente teilweise ungeschickt eingesetzt, so dass diese nicht als Unterstützung, sondern ebenfalls als Lernhindernis gesehen werden können.

2. In welchem Ausmaß werden die evolutionsrelevanten Konzepte erwähnt, miteinander innerhalb der Schulstufe (horizontal) und über die Schulstufen hinweg (vertikal) in Schulbüchern verbunden?

Auf diese Fragestellung wurde weiter oben schon mehrfach eingegangen und sie soll hier nochmals kurz zusammengefasst werden. Die horizontalen Verbindungen der einzelnen Konzepte an sich sind in der Unterstufe wenig bis kaum vorhanden, da diese immer wieder in verschiedenen Kapiteln auftauchen, aber nicht aufeinander verwiesen oder in einen größeren Themenbereich eingegliedert werden. Die vertikale Verknüpfung ist ebenfalls nur sehr spärlich gegeben, da in der Unterstufe die einzelnen Kapitel sehr stark isoliert für sich stehen und es wenig Verweise auf die einzelnen Konzepte untereinander gibt. Bei den Biologiebüchern der Oberstufe kann ganz klar gesagt werden, dass eine vertikale Verknüpfung der erwähnten (es sind meist nicht alle in einer Schulstufe erwähnt) Konzepte gegeben ist. Hier wird von den Konzepten an der Basis ausgehend eine Verknüpfung bis hin zu den Konzepten der selektiven Prozesse durchgezogen. Die horizontale Verknüpfung ist wiederum eher schlecht gegeben, da die einzelnen Kapiteln auch in der Oberstufe für sich stehen und bis auf ein paar explizite Querverweise nichts gefunden worden ist.

3. Ist eine Lernkurve, die kumulatives Lernen fördert, durch eine Learning Progression in den Schulbüchern gegeben?

Eine Learning Progression wie in den Strandmaps (AAAS 2016) ist nur zum Teil gegeben. Ähnlich ungleich wie die Konzepte auf die Schulstufen verteilt sind, so ergibt sich auch eine lückenhafte Lernkurve bzw. Learning Progression daraus. Diese ist in der Oberstufe eher vollständig und in der Unterstufe nur sehr schwach ausgeprägt. Die, wie weiter oben beschrieben, wichtigen Zwischenschritte (Stepping Stones) sind teilweise gegeben und durch Verbindungen in den Schulbuchreihen auch leicht zu

erlernen, aber diese kommen meist eben nur in einer Schulstufe vor. Dass sich die Learning Progression über mehrere Jahre hinweg zieht ist somit nicht der Fall und liegt eher kompakt für einige Jahre, die mit dem Lehrplan konform sind, vor.

5.5. Ausblick

Als Resümee kann gesagt werden, dass vor allem weitere Schulbuchanalysen durchgeführt werden sollten, da die Schulbuchreihen überarbeitet wieder veröffentlicht worden sind. Vor allem durch das Hinzufügen der neuen Basiskonzepte und des neuen Lehrplans in der Oberstufe sollten neuere quantitative Analysen als Vergleich zu der Arbeit von WÄGER (2017) durchgeführt werden. Es wäre auch zu überlegen, eine Software zu programmieren, die solche quantitativen Wortanalysen in den Schulbüchern durchführen und gleichzeitig die Kapitel/ Bereiche etc. kategorisieren kann. Da die Schulbuchforschung ein sehr dynamisches, sich wandelndes Forschungsfeld ist, wäre solch ein Programm von großem Wert, um mit der Masse an neu veröffentlichten Schulbüchern hinterherzukommen. Danach könnten die neuen Schulbücher wieder einer qualitativen Analyse unterzogen werden, in der man die Anwendung und die Verknüpfung der Basiskonzepte genauer begutachtet. Als ein Beispiel soll hier erwähnt werden, dass es schon zu einer falschen Beschreibung und Definition des Basiskonzeptes „Variabilität, Verwandtschaft, Geschichte und Evolution“ bei einem Schulbuch gekommen ist (SCHERMAIER et al. 2017: S. 8).

Weiters wäre zu überlegen, die Erforschung nicht nur auf die Evolution zu beschränken, sondern auch andere wichtige durchgehende Themen der Biologie zu analysieren. Die sieben Basiskonzepte würden sich als Ausgangspunkt perfekt für solche Analysen eignen.

Schlussendlich ist zu sagen, dass alle Schulbuchanalysen nicht sehr viel Sinn haben, wenn mit diesen dann nicht weitergearbeitet wird. Es sollten Learning Progressions (die Basiskonzepte wären solche Ausgangspunkte) für jegliche Fächer erstellt werden und darauf beruhend können dann die Schulbuchanalysen durchgeführt werden. Dadurch wird eine empirische Qualitätssicherung ermöglicht und eine Weiterentwicklung und Verbesserung des Lehrmediums Schulbuch denkbar. Dieser Aussage bestätigen auch BÖLSTERLI et al. (2015), die sagen:

„Er nennt wissenschaftliche Publikationen als die einfachste, aber ineffektivste Variante, weil sie weder von Lehrkräften, Schülerinnen und

Schülern noch von Eltern gelesen würden. Einen größeren Einfluss hätten Schulbuchempfehlungen oder Schulbuchraster“ (ebd. 2015: S. 12).

Als Beispiel für die institutionelle Anwendung solcher Raster, Concept Maps und Empfehlungen, kann neben der American Association for the Advancement of Science der Bundesstaat Victoria, Australien angeführt werden, die eine Modifikation der Strandmaps in ihre Bildungsstandards aufgenommen haben (State Government of Victoria o.J.).

Insgesamt soll noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass sich die Bewertung und Interpretation nur auf die Verwendung und Arbeit mit der Concept Map und auf das Thema der Evolution beschränkt. Etwaige Rückschlüsse auf die Qualität der einzelnen Biologieschulbücher zu ziehen wäre unzulänglich, da diesbezüglich eine mehrdimensionalere Analyse über viele weitere Faktoren notwendig wäre.

6. Literaturverzeichnis

Aleixandre, Maria Pilar Jiménez (1994): Teaching evolution and natural selection 31 (5). S. 519–535. DOI: 10.1002/tea.3660310507.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2001): Atlas of science literacy. Volume 1 and 2. Washington, DC. American Association for the Advancement of Science.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2016): Science Literacy Maps. American Association for the Advancement of Science. Online verfügbar unter <http://strandmaps.dls.ucar.edu/index.html>, zuletzt aktualisiert am 19.09.2016, zuletzt geprüft am 14.05.2018.

Bahr, Angela; Sommer, Stefan; Mattle, Beat; Wilson, Anthony B. (2012): Mutual mate choice in the potbellied seahorse (*Hippocampus abdominalis*) 23 (4). S. 869–878. DOI: 10.1093/beheco/ars045.

Batzner, Ansgar (2006): Digitale Medien im Schulbuch. 1. Aufl. Hamburg. Kovač (Medienpädagogik und Mediendidaktik, 9).

Baym, Michael; Lieberman, Tami D.; Kelsic, Eric D.; Chait, Remy; Gross, Rotem; Yelin, Idan; Kishony, Roy (2016): Spatiotemporal microbial evolution on antibiotic landscapes 353 (6304). S. 1147–1151. DOI: 10.1126/science.aag0822.

Biegl, Christine-Eva (2011): Begegnung mit der Natur 1. 1. Auflage. öbv.

Biegl, Christine-Eva (2012a): Begegnung mit der Natur 3. 1. Auflage. öbv.

Biegl, Christine-Eva (2012b): Begegnung mit der Natur 4. 1. Auflage. öbv.

Biegl, Christine-Eva (2013): Begegnung mit der Natur 5. 1. Auflage. öbv.

Biegl, Christine-Eva (2014): Begegnung mit der Natur 6. 1. Auflage. öbv.

Biegl, Christine-Eva (2015): Begegnung mit der Natur 8. 1. Auflage. öbv.

Bishop, Beth A.; Anderson, Charles W. (1990): Student conceptions of natural selection and its role in evolution (27). Journal of Research in Science Teaching (5). S. 415–427.

BMBWF (1986): Bundesgesetz über die Ordnung von Unterricht und Erziehung in den im Schulorganisationsgesetz geregelten Schulen. SchUG, vom 14.04.2018. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009600>, zuletzt geprüft am 14.04.2018.

Bölsterli, Katrin; Wilhelm, Markus; Rehm, Markus (2015): Empirisch gewichtetes Schulbuchraster für den naturwissenschaftlichen kompetenzorientierten Unterricht 5. S. 3–13. DOI: 10.1016/j.pisc.2014.12.011.

Boughman, Janette W. (2017): Speciation and Sexual Selection. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 520–528.

Brakefield, Paul M. (2017): Evolution and Development: Organisms. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 436–443.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (o. J.): Schulbuchaktion online. Online verfügbar unter <https://www.schulbuchaktion.at/index.html>, zuletzt aktualisiert am 12.01.2018, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2000): Lehrplan Biologie AHS-Unterstufe. Online verfügbar unter https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs5_779.pdf?61ebyf, zuletzt geprüft am 19.03.2018.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2017): Lehrplan Biologie AHS-Oberstufe. Online verfügbar unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568&FassungVom=2017-09-01>, zuletzt geprüft am 20.03.2018.

Campbell, Neil A.; Reece, Jane B. (2015): Biologie. 10., aktualisierte Auflage.

Castéra, Jérémy; Bruguère, Catherine; Clément, Pierre (2008): Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks 42 (2). S. 53–59. DOI: 10.1080/00219266.2008.9656111.

Claes, Peter; Roosenboom, Jasmien; White, Julie D.; Swigut, Tomek; Sero, Dzemila; Li, Jiarui et al. (2018): Genome-wide mapping of global-to-local genetic effects on human facial shape 50 (3). S. 414–423. DOI: 10.1038/s41588-018-0057-4.

Cook, L. M.; Grant, B. S.; Saccheri, I. J.; Mallet, J. (2012): Selective bird predation on the peppered moth: the last experiment of Michael Majerus 8 (4). S. 609–612. DOI: 10.1098/rsbl.2011.1136.

Council, National Research (2012): A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC. The National Academies Press. Online verfügbar unter <https://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>.

Darwin, Charles (1873): The Origin of Species by Means of Natural Selection. Or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray.

Drumm, Sandra (2013): Vorprogrammierte Lernhindernisse? Kohäsion und Kohärenz von Schulbuchtexten im Fach Biologie 40 (4). DOI: 10.1515/infodaf-2013-0405.

Duncan, Ravit Golan; Rivet, Ann E. (2013): Science education. Science learning progressions 339 (6118). S. 396–397. DOI: 10.1126/science.1228692.

Duschl, Richard; Maeng, Seungho; Sezen, Asli (2011): Learning progressions and teaching sequences. A review and analysis 47 (2). S. 123–182. DOI: 10.1080/03057267.2011.604476.

Eichhorn-Johannsen, Maren; Krüger, Dirk (2005): Schülervorstellungen zur Evolution-eine quantitative Studie.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) (o. J.): FAOSTAT. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/faostat/en/#data>, zuletzt aktualisiert am 09.05.2018, zuletzt geprüft am 04.06.2018.

Freytag T.; Gebhardt H.; Gerhard U.; Wastl-Walter D. (Hrsg.): Humangeographie kompakt.

Fuchs, Eckhardt; Niehaus, Inga; Stoletzki, Almut (2014): Das Schulbuch in der Forschung. Analysen und Empfehlungen für die Bildungspraxis. Göttingen Niedersachsen, GERMANY. Vandenhoeck & Ruprecht.

Furtak, Erin Marie (2012): Linking a learning progression for natural selection to teachers' enactment of formative assessment 49 (9). S. 1181–1210. DOI: 10.1002/tea.21054.

Futuyma, Douglas J.; Kirkpatrick, Mark (2017): Evolution. Fourth edition. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates Inc. Publishers.

- Graf, Dittmar (1987): Begriffslernen im Biologieunterricht. Begriffe zur Unterrichtseinheit "Zelle" 40, 1987 (3). S. 161–168. Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/275330909>, zuletzt geprüft am 10.07.2017.
- Graf, Dittmar (1989): Begriffsauszahlungen in Biologiebüchern der Sekundarstufe I 42, 1989 (4). S. 231–239. Online verfügbar unter <https://www.researchgate.net/publication/275330998>, zuletzt geprüft am 10.07.2017.
- Graf, Dittmar; Berck, Karl-Heinz (2008): Begriffslernen im Biologieunterricht - mangelhaft. Wirrwarr von Begriffen überfordert die Schüler und Schülerinnen, 2008. Online verfügbar unter <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2008/5583>.
- Gregory, T. Ryan (2009): Understanding Natural Selection. Essential Concepts and Common Misconceptions 2 (2). S. 156–175. DOI: 10.1007/s12052-009-0128-1.
- Grotzinger, John; Jordan Thomas (2017): Allgemeine Geologie. 7. Auflage. Berlin, Heidelberg. Springer Spektrum.
- Hoesli, Matthias (2012): Phänomenal - Urknall. Lehrmittelnutzung und Zufriedenheit. Masterarbeit. PH Zentralschweiz Luzern.
- Hysi, Pirro G.; Valdes, Ana M.; Liu, Fan; Furlotte, Nicholas A.; Evans, David M.; Bataille, Veronique et al. (2018): Genome-wide association meta-analysis of individuals of European ancestry identifies new loci explaining a substantial fraction of hair color variation and heritability 50 (5). S. 652–656. DOI: 10.1038/s41588-018-0100-5.
- Kadereit, Joachim W.; Strasburger, Eduard (2014): Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften. 37. Aufl. Berlin, Heidelberg. Springer Spektrum.
- Kattmann, Ulrich (2003): „Vom Blatt zum Planeten“ – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In: Barbara Moschner, Hanna Kiper und Ulrich Kattmann (Hg.): PISA 2000 als Herausforderung. Perspektiven für Lehren und Lernen. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren. S. 115–138.
- Kattmann, Ulrich (2015): Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht : [zusätzliche Stichwörter zum Download]. Hallbergmoos. Aulis Verlag.
- Kelemen, Deborah; Rosset, Evelyn (2009): The human function compunction: teleological explanation in adults 111 (1). S. 138–143. DOI: 10.1016/j.cognition.2009.01.001.
- Kingsolver, Joel G.; Pfennig, David W. (2017): Responses to Selection: Natural Populations. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 238–246.
- Losos J. B.; Baum D. A.; Futuyma D. J. (Hrsg.) (2017): The Princeton Guide To Evolution.
- Martínez-Gracia, M. V.; Gil-Quílez, M. J.; Osada, J. (2006): Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks 40 (2). S. 53–60. DOI: 10.1080/00219266.2006.9656014.
- McMurray, F.; Cronbach, L. (1955): The Controversial Past and Present of the Text. In: L. Cronbach (Hg.): Text materials in modern education. a comprehensive theory and platform for research. S. 10–27.
- Miksche, Dagmar; Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert (2016): bio@school 4. 4. Auflage. Veritas-Verlag.
- Miller, Christine W. (2017): Sexual Selection: Male-Male Competition. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 641–646.

National Research Council (NRC) (2007): Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, D.C. National Academies Press.

Nehm, Ross H.; Poole, Therese M.; Lyford, Mark E.; Hoskins, Sally G.; Carruth, Laura; Ewers, Brent E.; Colberg, Patricia J. S. (2009): Does the Segregation of Evolution in Biology Textbooks and Introductory Courses Reinforce Students' Faulty Mental Models of Biology and Evolution? 2 (3). S. 527–532. DOI: 10.1007/s12052-008-0100-5.

Okasha, Samir (2017): Units and Levels of Selection. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 200–205.

Queller; David C.; Strassmann, Joan E. (2017): Kin Selection and Inclusive Fitness. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 215–220.

Renner, Michael (2018): Schulbücher Statistik, 11.01.2018. E-Mail an Simon Rachbauer.

Roseman, Jo Ellen; Stern, Luli; Koppal, Mary (2010): A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks 47 (1). S. 47–70.

Sanders, Martie; Makotsa, Dennis (2016): The possible influence of curriculum statements and textbooks on misconceptions. The case of evolution 20 (1). DOI: 10.17159/1947-9417/2015/555.

Schermaier, Andreas; Taferner, Franz; Weisl, Herbert (2015a): bio@school 5. 2. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Taferner, Franz; Weisl, Herbert (2017): bio@school 5. Lehrplan 2017. 1. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert (2015b): bio@school 1. 6. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert (2016a): bio@school 2. 6. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert (2016b): bio@school 3. 5. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert (2016c): bio@school 8. 1. Auflage. Veritas-Verlag.

Schermaier, Andreas; Weisl, Herbert; Hirschenhauser Katharina (2015c): bio@school 6. 1. Auflage. Veritas-Verlag.

Scheuch, Martin; Wäger, Martin (2018): Occurrence and Representation of Evolution in Austrian Biology Textbooks. In: *libreriauniversitaria.it* (Hg.): New Perspectives in Science Education. 7. Aufl.

Sitte, Christian (2013): Das Geographie -(GW)- Schulbuch. heute verändert in neuen Konstellationen, zuletzt geprüft am 14.04.2018.

State Government of Victoria (o.J.): Concept Development Maps. Online verfügbar unter <http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/conceptmaps.aspx>, zuletzt geprüft am 08.03.2018.

Stearns, Stephen (2017): III.1. Natural Selection, Adaptation, and Fitness. Overview. In: Jonathan B. Losos, David A. Baum und Douglas J. Futuyma (Hg.): The Princeton Guide To Evolution. S. 193–199.

Storch, Volker; Welsch, Ulrich; Wink, Michael (2013): Evolutionsbiologie. 3., überarb. und aktual. Aufl. Berlin. Springer Berlin.

Tomiuk, Jürgen; Loeschke, Volker (2017): Grundlagen der Evolutionsbiologie und Formalen Genetik. Berlin, Heidelberg. Springer Spektrum. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49685-5>.

Tyson, Harriet; Woodward, Arthur (1989): Why students aren't learning very much from textbooks. In: Ronald S. Brandt (Hg.): Educational Leadership Volume 47 (3). S. 14–17.

Urban, Patricia (2014): Der geheime Lehrplan, 2014. Online verfügbar unter <https://www.progress-online.at/artikel/der-geheime-lehrplan>, zuletzt geprüft am 14.04.2018.

Veritas Verlag (o. J.): Ein Schulbuch entsteht. Online verfügbar unter <http://www.veritas.at/about/schulbuch>, zuletzt geprüft am 14.04.2018.

Vollstädt W. (Hrsg.) (2003): Zur Zukunft der Lehr- und Lernmedien in der Schule: Eine Delphi-Studie in der Diskussion. Wiesbaden. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Wäger, Martin (2017): Das Thema „Evolution“ in österreichischen Biologie-Schulbüchern der Sekundarstufe I & II. Wien.

Wallace, Josephine D.; Mintzes, Joel J. (1990): The concept map as a research tool. Exploring conceptual change in biology 27 (10). S. 1033–1052. DOI: 10.1002/tea.3660271010.

Zrzavý J.; Storch D.; Mihulka S.; Burda H.; Begall S. (Hrsg.) (2010): Evolution. Ein Lese-Lehrbuch. [Nachdr.]. Heidelberg. Spektrum Akad. Verl.

7. Anhang

7.1. Statistik der häufigsten Biologie Schulbücher nach Schultyp

NMS

Serie Basic Biology / Verlag Leykam

Serie bio@school / Verlag Veritas

Serie Biologie für alle / Verlag Olympe

Serie Das BioTOP / Verlag öbv

Serie Mehrfach Biologie / Verlag Veritas

AHS Unterstufe

Serie Begegnungen mit der Natur / Verlag öbv

Serie BIO LOGISCH / Verlag E. Dörner

Serie bio@school / Verlag Veritas

Serie Expedition Biologie / Verlag E. Dörner

Serie Mehrfach Biologie / Verlag Veritas

AHS Oberstufe

Serie Kernbereich Biologie / Verlag E. Dörner

Serie Begegnungen mit der Natur / Verlag öbv

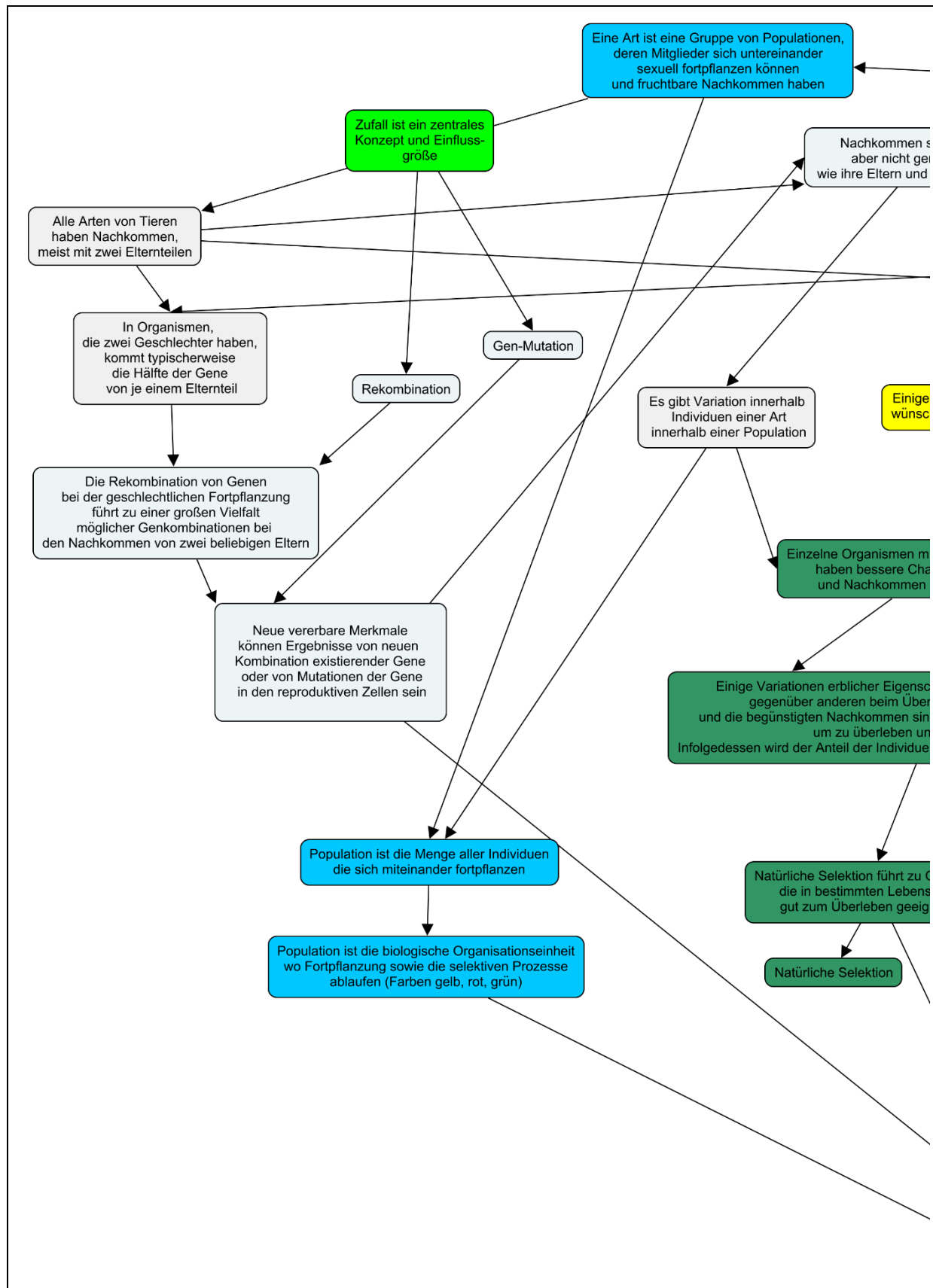
Serie bio@school / Verlag Veritas

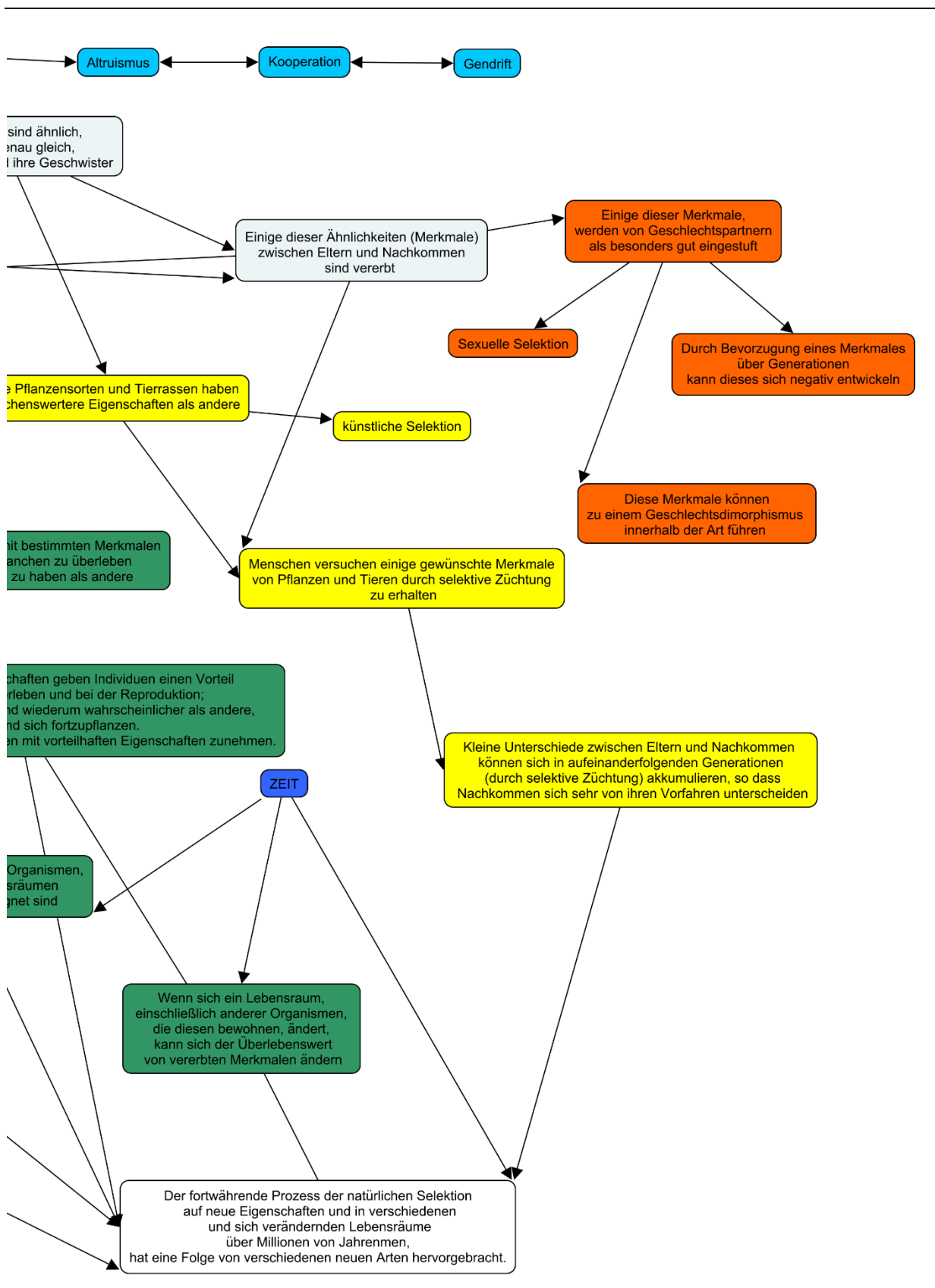
Serie Biologie (Hofer u.a.) / Verlag E. Dörner

Serie Linder Biologie / Verlag E. Dörner

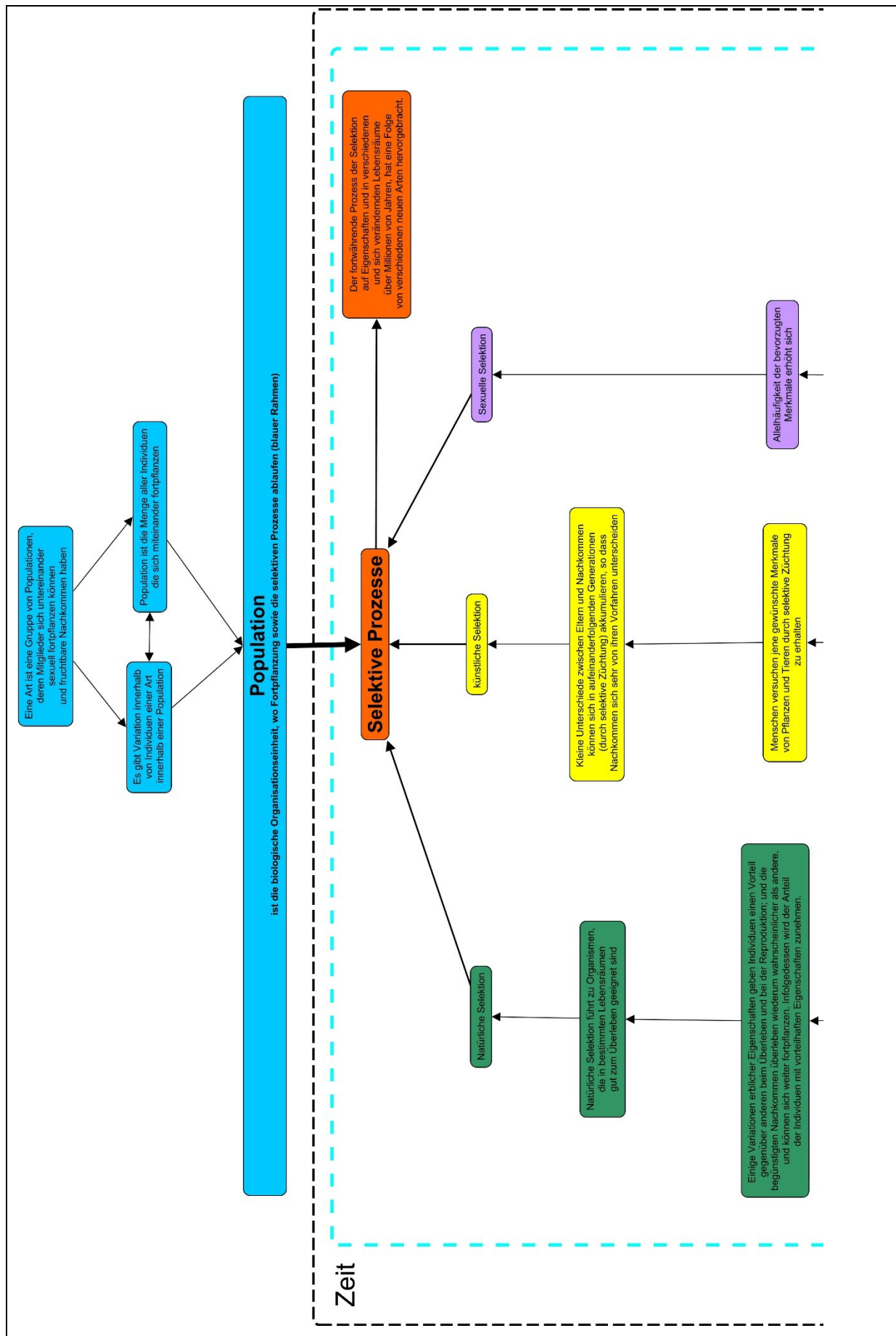
Quelle: (Renner 2018)

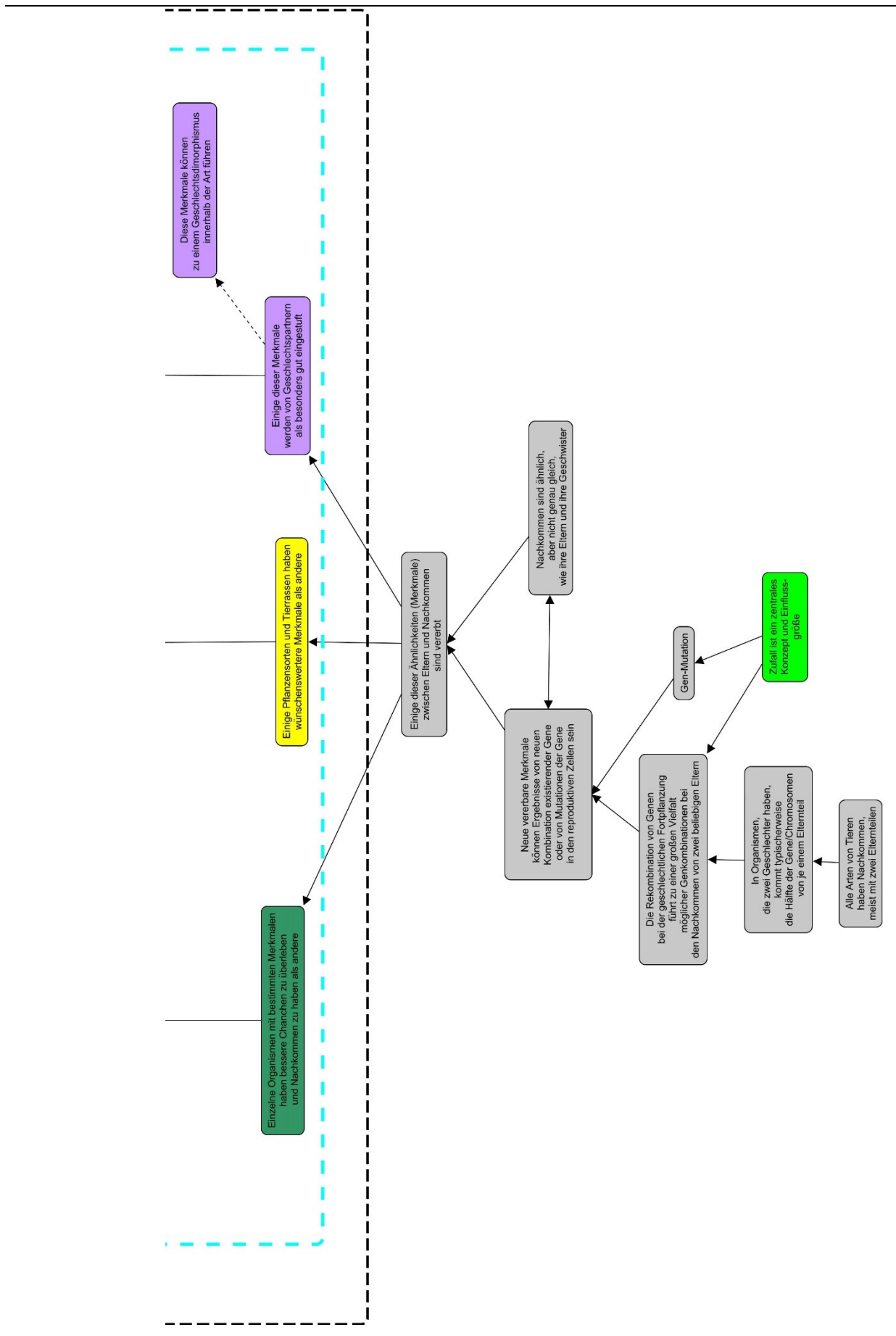
7.2. Analyse Karte erster Entwurf



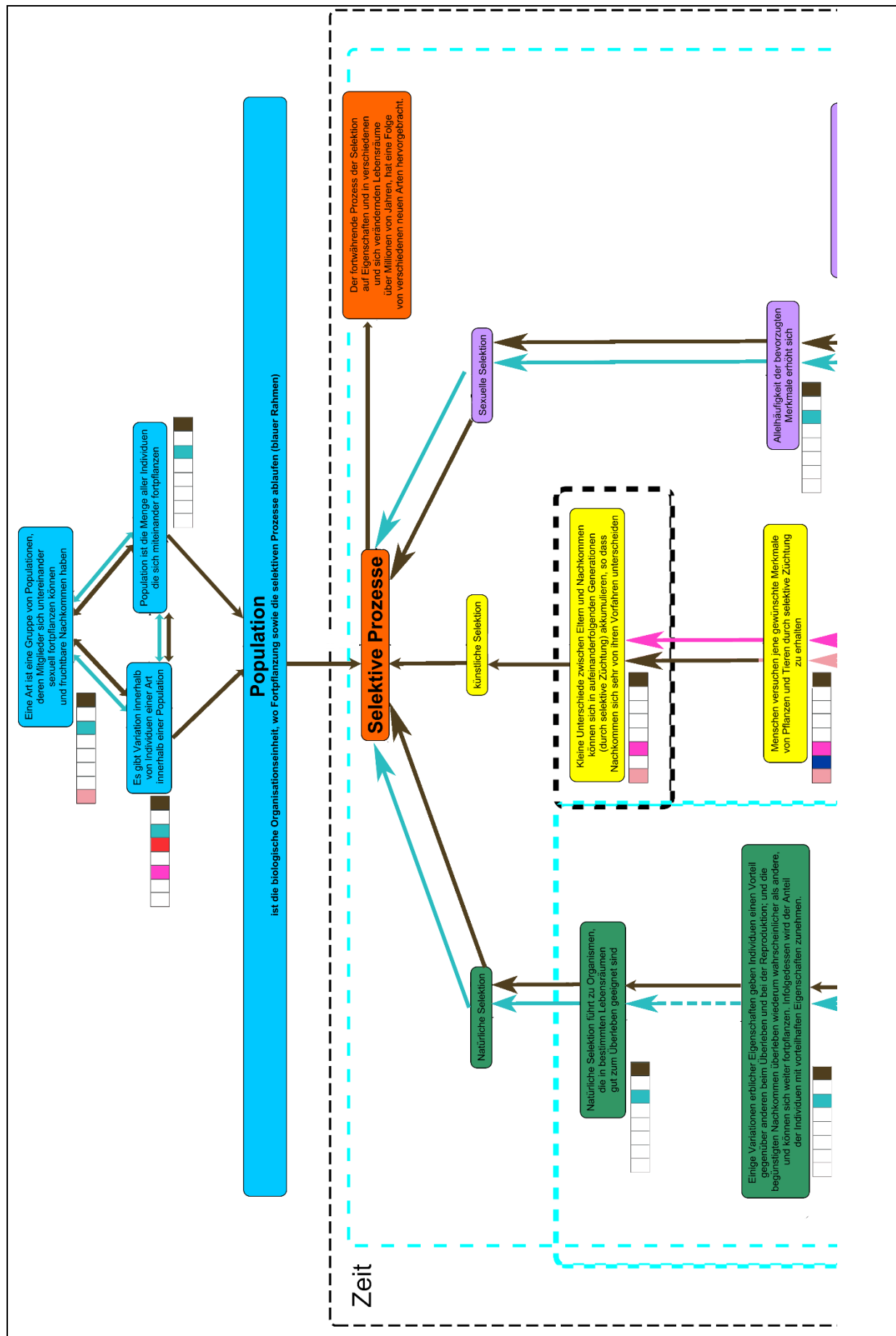


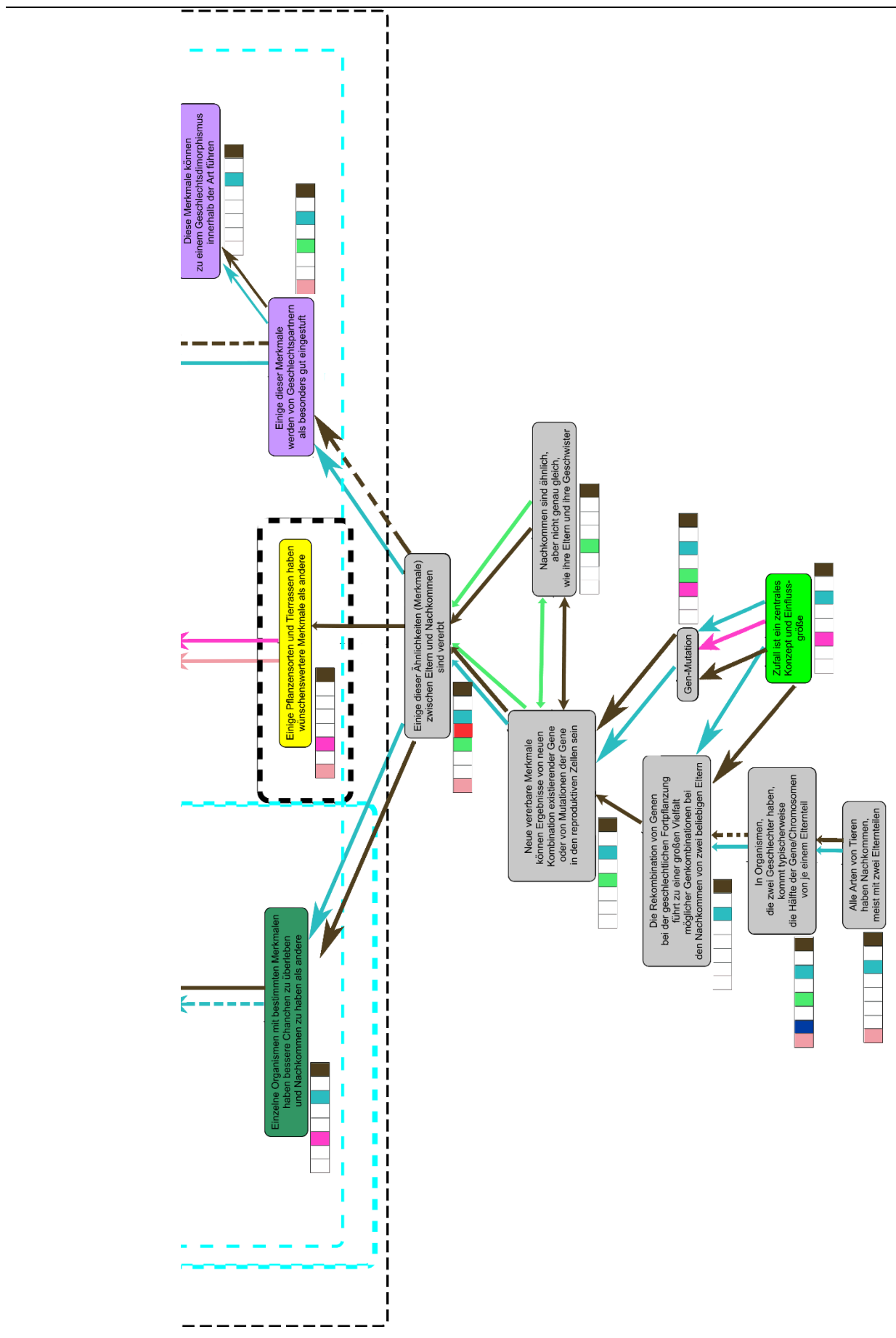
7.3. Analyseraster



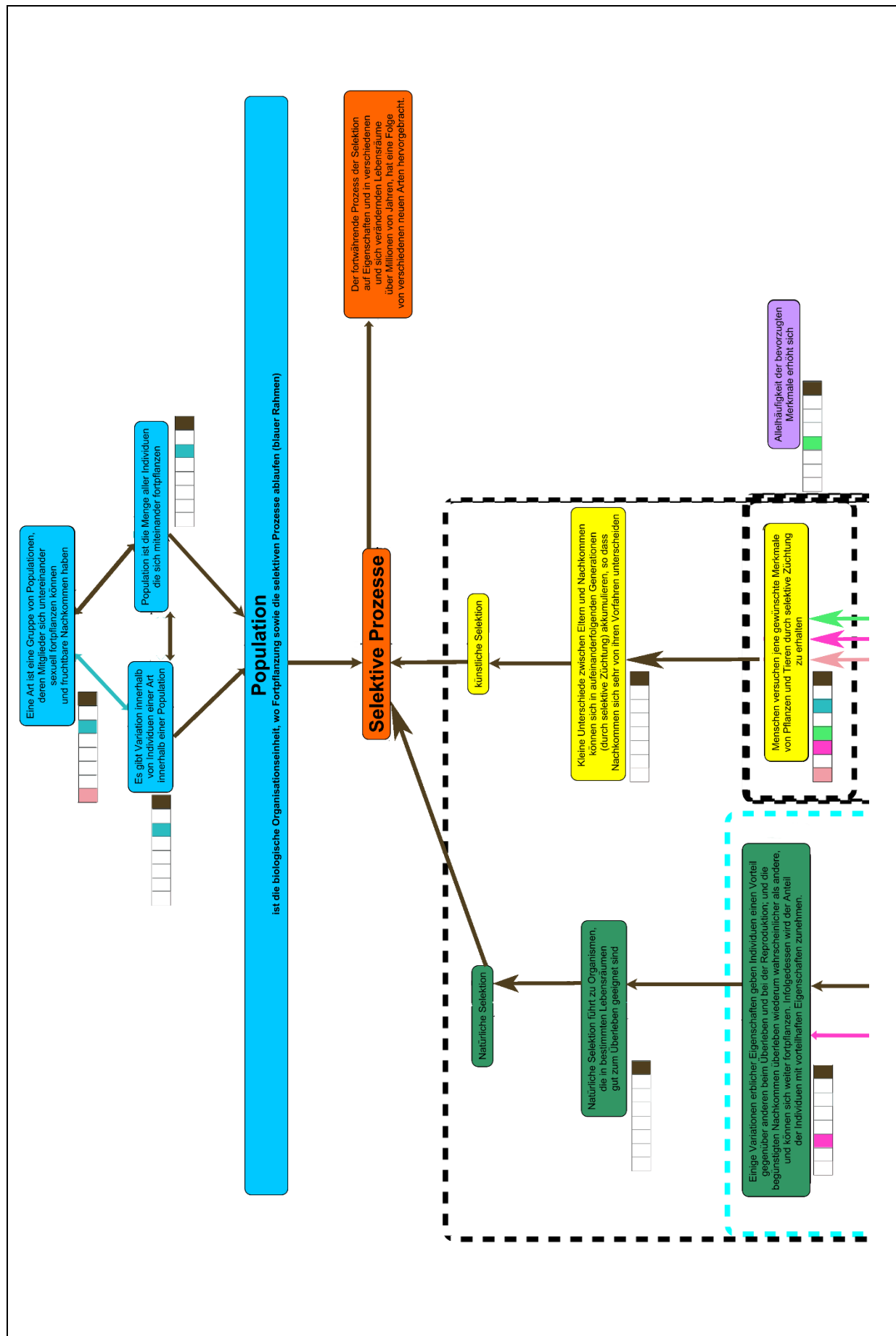


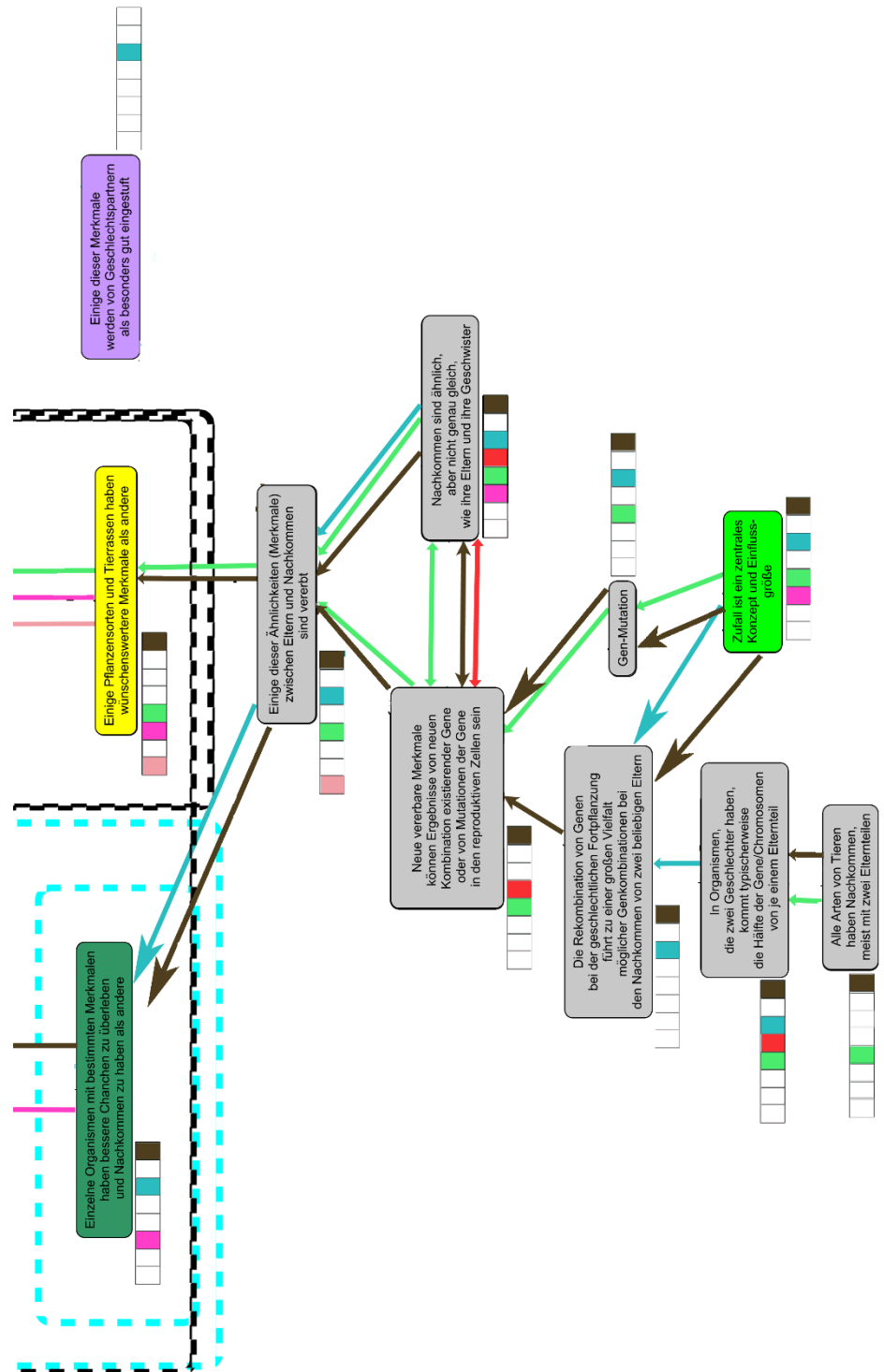
7.4. Analyse Concept Map bio@school





7.5. Analyse Concept Map Begegnung mit der Natur





7.6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Selektionsformen Quelle: (Kingsolver et al. 2017: S. 240).....	22
Abb. 2: verschiedene Populationen; verändert nach: (Campbell et al. 2015: S. 634)	27
Abb. 3: Strandmaps Quelle: http://strandmaps.dls.ucar.edu/index.html?id=SMS-MAP-1405	40
Abb. 4: Codierhäufigkeiten der Population Quelle: verändert nach (ebd. 2017)	49
Abb. 5: Farbcodes Schulstufen	51
Abb. 6: Spalteninformation verändert nach (ebd. 2012a: S. 109)	74
Abb. 7: Definition Begegnung 8 Quelle: (ebd. 2015: S. 137)	87
Abb. 8: Beispiele für demographische Bevölkerung.....	89
Concept Map 1: Analyseraster, höhere Auflösung im Anhang 7.3	42
Concept Map 2: Analyse bio@school 1	53
Concept Map 3: Analyse bio@school 2	55
Concept Map 4: Analyse bio@school 3	57
Concept Map 5: Analyse bio@school 4	59
Concept Map 6: Analyse bio@school 5	60
Concept Map 7: Analyse bio@school 6	63
Concept Map 8: Analyse bio@school 8	67
Concept Map 9: Konzepte der schulpflichtigen Schulstufen	69
Concept Map 10: Analyse Begegnung 1	71
Concept Map 11: Analyse Begegnung 3	73
Concept Map 12: Analyse Begegnung 4	75
Concept Map 13: Analyse Begegnung 5	77
Concept Map 14: Analyse Begegnung 6	79
Concept Map 15: Analyse Begegnung 8	82
Concept Map 16: Konzepte der schulpflichtigen Schulstufen	85

7.7. Zusammenfassung / Abstract

Diese Arbeit präsentiert eine qualitative Schulbuchanalyse zweier Biologieschulbuchreihen in Bezug auf die horizontale (innerhalb eines Jahrganges) und vertikale Implementierung (über die Jahrgänge hinweg) der Thematik der Evolution. Diese Studie ist die Fortsetzung und Überprüfung einer vorausgegangenen quantitativen Schulbuchanalyse. Mithilfe einer Analyse Concept Map mit zentralen Evolutionskonzepten wurden die einzelnen Schulbücher durchgesehen. Die Konzepte und ihre Verbindungen, z.B. Selektionsformen, das Populationskonzept und weitere, sind wesentliche Themenbereiche, die für ein evolutionäres Verständnis wichtig sind. Diese Arbeit kommt zu dem Ergebnis, dass die erstellten Concept Maps der einzelnen Schulstufen ein sehr differenziertes Bild in der Inklusion der Konzepte sowohl zwischen der Unter- und Oberstufenklasse als auch zwischen den Schulbuchreihen zeigen. Es wäre wünschenswert, dass es zu einer Verbesserung der Konzeptintegration innerhalb der Schulbücher und durch die Erstellung einer einheitlichen Learning Progression und deren Einführung in die Schulbücher kommt.

This paper presents a qualitative analysis of schoolbooks of two different schoolbook series with regard to the horizontal (within an age group) and vertical (throughout all age groups) implementation of the subject evolution. This study aims to be a continuation and verification of a preceded quantitative analysis of schoolbooks. This objective will be achieved by reviewing each school book by means of an “analysis concept map”, which includes central evolutionary concepts. The concepts and their connections with each other, as for example: different types of selection, population and others, are central subject areas which are essential for an evolutionary understanding.

On the basis of the results of this thesis, it can be concluded that the finished concept maps of the individual school levels show a highly differential image in terms of the concepts' inclusion both between the lower and upper secondary classes as well as between the school book series. These data support the view that it is preferable to strive for an improvement with respect to the integration of the concepts within the school books and through the establishment of a consistent learning progression and its implementation in the school books.