

Aus dem Institut für Biologiedidaktik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung

**– qualitative Studien als Grundlage für ein
fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem
botanischen Garten**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)

im Fachbereich Biologie
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Julia Solveig Brennecke

Gießen, im Dezember 2014

1. Gutachter: Prof. Dr. Hans-Peter Ziemek
2. Gutachter: Prof. Dr. Dittmar Graf

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1 Zusammenfassung	1
2 Abstract	2
3 Einleitung	3
4 Theoretischer Hintergrund	6
4.1 Grundlagentheorien und -modelle	6
4.1.1 Vorstellungen im Kontext der fachdidaktischen Forschung	6
4.1.2 Moderater Konstruktivismus	8
4.1.3 <i>Conceptual Change</i>	9
4.1.4 Didaktische Rekonstruktion	10
4.1.5 Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell	12
4.1.6 Wissenschaftliche Vorstellungen zur Anpassung im Kontext der Evolution	14
4.1.7 Die Bedeutung der Evolution	15
4.2 Stand der Forschung	17
4.2.1 Vorstellungen zur evolutionären Anpassung	17
4.2.2 Interventionsstudien zur Vermittlung evolutionärer Zusammenhänge	23
5 Fragestellungen und Forschungsdesign	26
6 Material und Methoden	29
6.1 Vorstudie	29
6.2 Hauptstudie	31
6.2.1 Konzeption des Interviewleitfadens	31
6.2.2 Stichprobe	34
6.2.3 Transkription	35
6.2.4 Qualitative Inhaltsanalyse	35
6.3 Entwicklung und Evaluation des Lernangebotes	39

6.3.1	Prä-Post-Test zur Erhebung der Schülervorstellungen	40
6.3.2	Teilnehmende Beobachtung mit Videografie	41
7	Ergebnisse.....	43
7.1	Ergebnisse der Vorstudie	43
7.1.1	Fazit der Vorstudie	44
7.2	Ergebnisse der Hauptstudie	45
7.2.1	Assoziationen der SchülerInnen mit dem Begriff Anpassung (Alltagsvorstellungen) ...	45
7.2.2	Kategoriensystem II und kategorienbasierte deskriptive Auswertung	48
7.2.3	Ergebnisse der Einzelfallanalysen.....	65
7.2.4	Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung).....	95
7.3	Konzept des Lernangebots zur Simulation der Entwicklung der Mammutbaumrinde	106
7.3.1	Fachliche Klärung (Sachanalyse).....	106
7.3.2	Fachdidaktische Überlegung und Konzeption des Lernangebotes	107
7.3.3	Ziele des Lernangebotes.....	110
7.3.4	Didaktische und methodische Überlegungen zum Simulationsspiel	111
7.3.5	Hinweise für den nachfolgenden Unterricht.....	112
7.4	Ergebnisse der Evaluation des Lernangebotes.....	113
7.4.1	Auswertung des Prä-Post-Tests.....	113
7.4.2	Auswertung der teilnehmenden Beobachtung inkl. Spielbogen.....	115
7.4.3	Fazit der Evaluation des Lernangebotes.....	116
8	Diskussion	118
9	Fazit und Ausblick	131
10	Literaturverzeichnis	133
11	Anhang.....	142
	Danksagung	
	Eidesstattliche Erklärung	

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion verändert nach dem Modell von Kattmann et al. (1997)	11
Abbildung 2: Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell nach Prediger et al. (2012).	13
Abbildung 3: Forschungsdesign der Untersuchung. Die Arbeit gliedert sich in drei Bereiche, die farblich voneinander getrennt werden. Grün : quantitative Fragebogenstudie – Vorstudie; blau : qualitative Interviewstudie – Hauptstudie; orange : Entwicklung und Evaluation des Lernangebotes	28
Abbildung 4: Schematische Darstellung des Interviewleitfadens. Die blauen Kästen geben die Struktur des Interviews vor. Es werden der jeweilige Inhalt und das Beispiel der Hauptteile sowie die verwendete Abbildung dargestellt.	34
Abbildung 5: Generelles Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse (nach Kuckartz 2012, S. 50). 37	
Abbildung 6: Entwicklung des Lernangebotes zur „Entwicklung von Merkmalsausprägungen“ auf Grundlage der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell nach Prediger et al. (2012) und integrierter didaktischer Rekonstruktion. Die didaktische Rekonstruktion stellt den Hauptteil der vorliegenden Arbeit dar, dementsprechend spiegeln die Stärke der Formkontur und die Breite der Pfeile die Bedeutung der jeweiligen Aspekte innerhalb diese Arbeit wider. In orange dargestellt ist der Entwicklungsprozess des Lernangebotes, und in blau wird der Forschungsprozess präsentiert.	40
Abbildung 7: Häufigkeiten der Antworten der SchülerInnen in Abhängigkeit vom Beispiel beim Fragebogentest. Blau stellt die Häufigkeit der Antworten des Venusfliegenfallen-Beispiels (V1) dar, rot die des Finken-Beispiels (V2), grün die des Kakteen-Beispiels (V3) und lila die Häufigkeit der Antworten des Giraffen-Beispiels (V4).....	43
Abbildung 8: Die schematische Darstellung zeigt, inwieweit die Kategorien miteinander verknüpft werden und welche Alltagsvorstellungen die SchülerInnen zum Entwicklungsprozess haben.	63
Abbildung 9: Die SchülerInnen erkennen die Angepasstheit, wenn sie deren Vorteil erkennen und die Variation innerhalb einer Population grundlegend verstanden haben. Erst dann können sie den Entwicklungsprozess verstehen. Versuchen die SchülerInnen direkt ausgehend von der Angepasstheit den Entwicklungsprozess zu beschreiben, kommt es zur Anwendung von Fehlvorstellungen (roter Pfeil).....	94

Abbildung 10: Zusammenhang zwischen der Fehlvorstellung der SchülerInnen (rot) und der wissenschaftlichen Vorstellung (blau) von Anpassung nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung. Die grünen Pfeile zeigen, welchen Schritt die SchülerInnen gehen könnten, um eine wissenschaftliche Vorstellung von Anpassung zu konstruieren.....	101
Abbildung 11: Exemplarischer Vergleich der Schülervorstellung mit der wissenschaftlichen Vorstellung. Die Wechselbeziehung von Anpassung und Lebensbedingung wird bei beiden Vorstellungen deutlich, der kausale Zusammenhang unterscheidet sich jedoch. Der zentrale Punkt ist das Verständnis von Variation unter Giraffen, welche verdeutlicht, dass Entwicklung nicht bei einem Individuum stattfindet.....	102
Abbildung 12: Übersicht des Spielverlaufs (Simulation), den die SchülerInnen bekamen, um den Ablauf einer Spielrunde besser nachvollziehen zu können.	108
Abbildung 13: Ergebnisse der vorliegenden Studie in Anlehnung an die didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) und die fachdidaktische Entwicklungsforschung (Prediger et al. 2012). Der rote, gestrichelte Pfeil stellt einen möglichen Ausblick dieser Studie dar.	120
Abbildung 14: Vorstellungen SIn1 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.	193
Abbildung 15: Vorstellungen S7 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.	194
Abbildung 16: Vorstellungen SIn8 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.	195
Abbildung 17: Spielverlaufsplan, den die SchülerInnen bekamen um den Ablauf einer Spielrunde besser nachvollziehen zu können.	206
Abbildung 18: Nachkommenskarten der Simulation zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde.	207
Abbildung 19: Ereigniskarten der Simulation zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde.	207
Abbildung 20: Quiz-Karten zur Simulation. Nach jeder Generation soll eine Quizfrage diskutiert und beantwortet werden. Mehrfachantworten sind möglich.	208
Abbildung 21: Erster Teil des Beobachtungsbogens zur teilnehmenden Beobachtung der SchülerInnen während des Simulationsspiels. Die weiteren Beobachtungsbögen unterscheiden sich nur bezüglich der Phase des Spielverlaufs.	210

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Beispiele für beschriebene Vorstellungen zur evolutionären Entwicklung, welche in verschiedenen Untersuchungen (Tabelle 22) bei den Probanden identifiziert wurden.	21
Tabelle 2: Notationsregeln.....	35
Tabelle 3: Konsistenz der Verwendung der Denkfiguren bei unterschiedlichen Szenarien.	44
Tabelle 4: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur zeitlichen Dimension werden über sechs Kategorien definiert. Diese werden von einer bestimmten Anzahl von SchülerInnen unterschiedlich häufig genannt. Die „Anzahl der SchülerInnen“ gibt an, wie viele Probanden eine oder mehrere Aussagen zu der jeweiligen Kategorie getroffen haben.	50
Tabelle 5: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur Entwicklungsebene werden in zwei Kategorien eingeteilt. Diese werden von einer bestimmten Anzahl von SchülerInnen unterschiedlich häufig genannt.....	51
Tabelle 6: Code-Matrix-Browser, Einheit der Analyse: Segmente, Anzahl Codings pro Dokument zur „Populationsebene“ und „Individualebene“.....	52
Tabelle 7: Darstellung der Vorstellungen zu den Gründen und Auslösern von Anpassung in Form von Kategorien. Anzahl gemachter Aussagen zu diesen Vorstellungen und die Anzahl von SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben.	56
Tabelle 8: Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien, die sich überschneiden, doppelte Überschneidungen sind möglich, Code-Relation-Browser mit Nähe der Codes max. 2 Absätze, Einheit Segmente.	57
Tabelle 9: Darstellung der Vorstellungen zur Handlungsrichtung in Form von Kategorien, Anzahl der Aussagen zu diesen Vorstellungen und die Anzahl von SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben.....	58
Tabelle 10: Darstellung der Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess in Form von Kategorien. Die Anzahl der Aussagen zu den verschiedenen Vorstellungen und die Anzahl an SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben, werden dargestellt.....	60
Tabelle 11: Dargestellt wird die Anzahl der sich überschneidenden codierten Segmente zu der Hauptkategorie Entwicklungsprozess. Code-Relations-Browser, Art der Analyse: Überschneidung der Codes, Einheit der Analyse: Segmente. Leere Felder bedeuten, dass es keine Überschneidung der Segmente gab.	61

Tabelle 12: Darstellung der Schülervorstellungen zur Variation in Form von Kategorien. Die Anzahl der Aussagen zu den verschiedenen Vorstellungen und die Anzahl der SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben, werden dargestellt. 62

Tabelle 13: Vorstellungen von SIn1 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings..... 67

Tabelle 14: Vorstellungen von S11 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings..... 71

Tabelle 15: Vorstellungen von S7 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings..... 74

Tabelle 16: Vorstellungen von S1 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings..... 78

Tabelle 17: Vorstellungen von SIn5 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings..... 82

Tabelle 18: Vorstellungen von SIn8 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge

der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.....	87
Tabelle 19: Vorstellungen von S10 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.....	91
Tabelle 20: Anzahl der Kategorien vor und nach der Simulation.....	113
Tabelle 21: Neue Kategorie zur Hauptkategorie Gründe und Auslöser des Kategoriensystems II	115
Tabelle 22: Eine Auswahl der Studien, die sich mit der Untersuchung der Vorstellungen zu Themen der Evolution beschäftigen und einen Überblick über das Spektrum der Probanden, Methoden der Untersuchung und die Untersuchungsländer geben. Sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung.....	143
Tabelle 23: Fallzusammenfassungen der verschiedenen SchülerInnen zu den jeweiligen Beispielen und eine allgemeine Zusammenfassung jedes Probanden.	155
Tabelle 24: Kategoriensystem zur Analyse der Alltagsvorstellungen zur Anpassung – Assoziationen mit dem Begriff „Anpassung“.	182
Tabelle 25: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur zeitlichen Dimension werden mit Hilfe von sechs Kategorien definiert.....	183
Tabelle 26: Die Schülervorstellungen zur Entwicklungsebene lassen sich in zwei Kategorien definieren	184
Tabelle 27: Die Schülervorstellungen zur Angepasstheit lassen sich mit Hilfe von fünf Kategorien definieren.....	185
Tabelle 28: Die Schülervorstellungen zu den Gründen und Auslösern der Anpassung lassen sich anhand acht verschiedener Kategorien definieren.....	186
Tabelle 29: Es lassen sich innerhalb der Schülervorstellungen zwei Handlungsrichtungen (Diathesen) der Anpassung beschreiben.	188
Tabelle 30: Die Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess (Anpassung) lassen sich mit Hilfe von acht Kategorien definieren.	189
Tabelle 31: Schülervorstellungen zur Variation zwischen Individuen einer Art.....	191
Tabelle 32: Die Tabelle zeigt die Anzahl der Aussagen der SchülerInnen in den verschiedenen Kategorien zum Entwicklungsprozess. Anhand der verwendeten Konzepte wurden die sieben SchülerInnen für die Einzelfallanalysen ausgewählt.	

Die sieben SchülerInnen spiegeln die verwendeten Konzepte aller 18 Probanden wider. Die SchülerInnen lassen sich nach der Konsistenz der Aussage, der Differenziertheit der Aussage und nach den Konzepten zusammenfassen. Je nach Schwerpunksetzung lassen sich unterschiedliche SchülerInnen gruppieren. Die SchülerInnen können nicht zu Typen zusammengefasst werden, deshalb ist eine typenbildende Interpretation der Einzelfälle nicht möglich. Es wurden exemplarisch sieben Probanden für die Einzelfallanalysen ausgewählt, da sich alle Konzepte, die Inkonsistenz bzw. Konsistenz und die Differenziertheit der Schüleraussagen anhand dieser Probanden ableiten lassen. Beispielsweise deckt sich S4 einerseits bezüglich der Inkonsistenz der Antworten bei verschiedenen Beispielen mit SIn5 und andererseits bezüglich der Verwendung des Konzeptes zur genetischen Veränderung bei SIn8. SIn5 und SIn8 wurden beispielhaft in den Einzelfallanalysen dargestellt (grau hinterlegt)..... 192

Tabelle 33: Geplanter Verlauf des Moduls „Angepasstheiten und Anpassung bei Pflanzen“ 196

Tabelle 34: Vorstellungen der SchülerInnen vor und nach der Simulation. Codierung der Schüleraussagen anhand der Kategorien der Interviewstudie. Erweiterung des Kategoriensystems. 211

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die fachdidaktische Forschung der vergangenen Jahre zeigt, dass die Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern das Erlernen neuer Sachverhalte maßgeblich beeinflussen. Einige internationale Untersuchungen veranschaulichen besonders den negativen Einfluss solcher Alltagsvorstellungen auf das Erlernen evolutionärer Themen.

In der vorliegenden Arbeit wurden mit qualitativen und quantitativen Methoden die Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung in der Jahrgangsstufe 7 erforscht. In der qualitativen Hauptstudie wurde insbesondere der Einfluss des gewählten Kontextes, d.h. das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf unterschiedliche Beispiele, untersucht. Die Erkenntnisse dieser Hauptstudie erweitern die *lokalen* Theorien der fachdidaktischen Forschung. Weiterhin führen sie zur Ableitung methodischer, didaktischer und inhaltlicher Ansatzpunkte für eine sinnvolle Vermittlung evolutionärer Anpassung an unterschiedlichen Lernorten.

Auf Grundlage der didaktischen Rekonstruktion wurde des Weiteren ein schülerorientiertes Lernangebot für den botanischen Garten entwickelt und dies in Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell evaluiert.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7 facettenreiche Vorstellungen zur evolutionären Anpassung haben, die wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen beinhalten können. Diese Vorstellungen können bei verschiedenen Beispielen inkonsistent angewendet werden und unterscheiden sich in ihrer Differenziertheit. Weiterhin wurde deutlich, dass es möglich ist, bereits in der Jahrgangsstufe 7 evolutionäre Themen zu vermitteln. Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, ihre Fehlvorstellungen im Sinne des *Conceptual Change* zu hinterfragen und hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen zu verändern.

2 ABSTRACT

During the last years, numerous studies have discovered the influence of preconceptions on students' ability to understand unknown issues. Especially some international studies have pointed out that these "alternative" conceptions have negative effects on understanding evolutionary contents.

The objective of the present study was therefore to investigate the preconceptions about evolutionary adaptation. Qualitative and quantitative methods were used to analyze these prior concepts of students of grade 7. Particularly, individual interviews with 18 students were carried out to examine the impact of different contexts on the consistency of their preconceptions of evolutionary adaptation.

The findings of these interviews were used to derive connections between the scientific conceptions and the "alternative" ones of the students. To contribute to the objective, the improvement of teaching of evolutionary adaptation, starting points were formulated that include didactical as well as methodical options. Furthermore, they can be used for reasonable contents for teaching adaptation in different educational institutions.

Based on these results a learning sequence was designed in which students who visit the botanical garden are stimulated to reflect on their own preconceptions. This was evaluated with a pre-post-test and a participant observation during the learning sequence. Hence, a research based learning sequence has been developed.

The results of this study show that students of grade 7 have diverse preconceptions of evolutionary adaptation. These conceptions include scientific conceptions and misconceptions, whereas both are used inconsistently in different contexts. Thus, this study demonstrates that the kind of example influences the preconception of the students.

It was shown that it is possible to teach young students of grade 7 the basics of evolutionary adaptation. The evaluation of the learning sequence in the botanical garden showed that the students were able to deliberate whether their conceptions are right or wrong. This led to a *conceptual change* and an increase of scientific conceptions in that group of students.

3 EINLEITUNG

Die Evolutionstheorie ist die zentrale Theorie der Biologie und sowohl aus der Sicht des Forschers als auch für gesellschaftliche Belange bedeutend. Sie prägt unter anderem das Selbstverständnis der Menschen und ist Teil medizinischer Angelegenheiten, wie beispielsweise bei der Entwicklung von Antibiotikaresistenzen. Außerdem ist die Evolutionstheorie der Schlüssel, um aktuelle Diskussionen über den Verlust der Biodiversität bewerten zu können. Denn sie liefert die Grundlagen für die Einschätzung der Auswirkungen des Rückgangs der Artenvielfalt und die damit verbundene Abnahme der genetischen Vielfalt.

Die Bedeutung der Evolutionstheorie verdeutlicht, wie wichtig es ist, dass sie korrekt verstanden wird. Internationale Untersuchungen der letzten Jahre zeigen jedoch, dass es Schwierigkeiten beim Verstehen evolutionärer Themen gibt (Anhang 11.1, Tabelle 22). Die Forschungsarbeiten belegen, dass die Vorstellungen der Lernenden unterschiedlicher Altersgruppen nicht mit den wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen (Kampourakis & Zogza 2007).

Bei den Vorstellungen der Lernenden handelt es sich um subjektive Kognitionen, die auf alltäglichen Erfahrungen basieren und über die Sprache kommuniziert werden können (Duit 1995, Gropengießer 2007). Die Vorstellungen zur Evolution, die nicht mit den wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen, basieren demnach auf Alltagsvorstellungen jedes Einzelnen, die von unterschiedlichsten Umwelteinflüssen (z.B. Unterricht, Zeitungen, Fernsehen, Eltern, Freunde etc.) und Erfahrungen geprägt sind. Die Forschung zeigt, dass Lernende im Allgemeinen, ausgehend von ihren Vorstellungen, unterschiedlichste Inhalte erlernen und weiterentwickeln (Brewer & Lambert 1993). Sie beeinflussen das Erklären von Zusammenhängen und sind Teil von Problemlösestrategien (Duit 1995).

Die Diagnose dieser sogenannten Alltagsvorstellungen stellt deshalb einen grundlegenden und ersten Schritt für eine erfolgreiche Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zur Evolution dar.

Das Modell der didaktischen Rekonstruktion beruht auf dieser Auffassung (Kapitel 4.1.4) und gründet sich in der Theorie des moderaten Konstruktivismus (Kapitel 4.1.2). Im Rahmen dieses Modells sollen die Vorstellungen der Lernenden mit den Vorstellungen der Wissenschaft verglichen werden, um Lerninhalte didaktisch zu strukturieren (Kattmann et al. 1997). Dementsprechend sollen Inhalte lernerorientiert aufbereitet und vermittelt werden.

Für die vorliegende Arbeit ist der Einfluss der Lernervorstellungen auf das Lernen neuer Sachverhalte von Bedeutung. Auf Grundlage der didaktischen Rekonstruktion sollen die Lernerperspektiven erhoben werden, um den Lerngegenstand didaktisch zu strukturieren und ein Lernangebot zu entwickeln. Dieses Lernangebot soll auf Grundlage der Conceptual-Change-Theorie (Kapitel 4.1.3) die Veränderung der Vorstellungen initiieren.

Zahlreiche Untersuchungen erforschten bereits die Vorstellungen von Studierenden und älteren SchülerInnen zu verschiedenen Themen der Evolution (z.B. Brumby 1979, Jensen & Finley 1996, Anderson & Wallin 2006, Weitzel 2006, Nehm & Schonfeld 2007). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das frühzeitige Vermitteln evolutionärer Grundlagen positive Auswirkungen auf das Verstehen evolutionärer Zusammenhänge haben könnte. Untersuchungen an jüngeren SchülerInnen veranschaulichten dies und verdeutlichten, dass auch bei diesen Lernenden das Vermitteln evolutionärer Themen möglich ist (Cypionka 2012, Fenner 2013). Interventionsstudien zur Veränderung der Schülervorstellungen hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen zur Evolution ließen jedoch auch erkennen, dass eine einmalige, womöglich auch noch kurze Intervention selten eine langfristige Auswirkung auf die Veränderung der Vorstellungen hat (Bishop & Anderson 1990, Demastes 1995, Nehm & Reilly 2007). Der Vorstellungswandel beim Verstehen von Evolution kann eine lange Zeit in Anspruch nehmen (Wandersee et al. 1995). Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass Themen der Evolution in allen Altersstufen vermittelt und in einer Art Spiralcurriculum immer wieder aufgegriffen werden sollten.

In den bisherigen Untersuchungen konnten neben den bereits genannten Erkenntnissen sowohl bei Studierenden als auch bei SchülerInnen eine Inkonsistenz der Vorstellungen zu evolutionären Themen in unterschiedlichen Kontexten beobachtet werden (Brumby 1984, Palmer 1996). Der Einfluss des Kontextes auf die Vorstellungen zur evolutionären Anpassung wurde jedoch nicht weiter untersucht. Brumby (1984) stellt lediglich fest, dass die Studierenden in den Interviews bei verschiedenen Beispielen unterschiedliche Vorstellungen zur natürlichen Selektion anwendeten.

In der vorliegenden Arbeit soll die Inkonsistenz in Abhängigkeit von der Art des Beispiels genauer untersucht werden, denn der Einfluss des Kontextes ist bedeutend: Die Erkenntnisse über die Auswirkungen unterschiedlicher Kontexte auf die alltäglichen Vorstellungen können das Vermitteln wissenschaftlicher Vorstellungen verbessern. In der Hauptstudie dieser Untersuchung sollen deshalb mit Hilfe von (Leitfaden-)Interviews die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zur evolutionären Anpassung untersucht werden. Die Verwendung unterschiedlicher Beispiele soll dabei den Einfluss des Kontextes näher in den Fokus nehmen (Kapitel 6.2.1). Da in den meisten Erhebungen von Schülervorstellungen zu evolutionären Themen botanische Inhalte zu kurz kamen (Cypionka 2012), sollen in der vorliegenden Arbeit u.a. die Unterschiede zwischen Vorstellungen zu *botanischen* und *zoologischen* Beispielen erforscht werden.

Ziel der Arbeit ist es, die Schülervorstellungen zu analysieren, um anhand der Ergebnisse und auf Grundlage der didaktischen Rekonstruktion einen Lerngegenstand für die Vermittlung evolutionärer Anpassung zu strukturieren und zu spezifizieren. Nachfolgend soll im Rahmen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung ein Lernangebot entwickelt werden. Dieses Lernangebot soll das Erforschen der Lernprozesse bei den SchülerInnen ermöglichen. Dabei soll besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, inwieweit das Lernangebot einen *Conceptual Change* anregt.

Weiterhin soll das Erforschen der Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung die *lokalen* Theorien erweitern und neue Erkenntnisse über die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 liefern.

Dementsprechend gliedert sich die vorliegende Arbeit wie folgt: Sie beginnt mit einem theoretischen Hintergrund (Kapitel 4), in dem grundlegende Theorien und Modelle (Kapitel 4.1) sowie der Stand der Forschung (Kapitel 4.2) vorgestellt werden. Das folgende Kapitel stellt die Fragestellungen und das Forschungsdesign dieser Studie dar (Kapitel 5). Letzteres gliedert sich in eine Vorstudie zur quantitativen Erhebung der Schülervorstellungen (Kapitel 6.1), die qualitative Hauptstudie (Kapitel 6.2) aus der Ansatzpunkte für eine lernerorientierte Vermittlung der evolutionären Anpassung abgeleitet werden (7.2.4), sowie der Entwicklung (Kapitel 7.3) und Evaluation (Kapitel 7.4) eines Lernangebotes für botanische Gärten. Das Vorgehen der Arbeit (Kapitel 6) und die Ergebnisse (Kapitel 7) werden zu jeder dieser drei Phasen einzeln präsentiert und abschließend gemeinsam reflektiert und diskutiert (Kapitel 8), sodass die Arbeit mit einem Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten und einer Perspektive für die Praxis (Kapitel 9) schließt.

4 THEORETISCHER HINTERGRUND

4.1 Grundlagentheorien und -modelle

4.1.1 Vorstellungen im Kontext der fachdidaktischen Forschung

Der Begriff „Vorstellungen“ wird in der Alltags- und Wissenschaftssprache sehr vielfältig und nicht einheitlich verwendet. Grundsätzlich ist eine Vorstellung immer ein Bewusstseinsinhalt, der in verschiedenen Kontexten auftreten kann. Die folgende Ausführung beleuchtet das Verständnis und die Funktion von Vorstellungen im biomedizinischen Kontext. Dementsprechend wird der Begriff „Vorstellung“ dann aus dieser fachdidaktischen Perspektive verwendet.

In der Fachdidaktik versteht man unter Vorstellungen kognitive Repräsentationen von Sachverhalten, die subjektiv als wahr angesehen werden (Duit 1995). Sie sind bedeutend für das Verstehen von Zusammenhängen (Lakoff & Johnson 1998) und somit ein wichtiger Bestandteil der fachdidaktischen Forschung.

Jedes Individuum konstruiert selbst eigene Vorstellungen in seinem Bewusstsein, die deshalb nicht auf andere Personen übertragbar sind (Duit 1995, Krüger 2007). Sie werden von individuellen Erfahrungen, Beobachtungen, unterschiedlichen Deutungen, Einstellungen, verankertem Wissen und äußeren Reizen geprägt (Duit 1995, Marohn 2008).

Man unterscheidet zwischen fachlichen bzw. wissenschaftlichen Vorstellungen und lebensweltlichen Vorstellungen, die Lernende haben können. Wissenschaftliche Vorstellungen stützen sich auf wissenschaftliche Quellen, die als gültig anerkannt sind; lebensweltliche Vorstellungen hingegen entstammen der Wirklichkeit des Lernenden und sind durch die Interpretation von Alltagserfahrungen geprägt (Weitzel 2006, Möller 2010). Deshalb werden die lebensweltlichen Vorstellungen auch als Alltagsvorstellungen, vorunterrichtliche Vorstellungen oder Präkonzepte bezeichnet. Es kann sich bei diesen Alltagsvorstellungen sowohl um Fehlvorstellungen als auch um wissenschaftlich korrekte Vorstellungen handeln. Sie haben sich in der Alltagswelt bewährt und sind von subjektiven Empfindungen stark beeinflusst (Weitzel 2006, Berck & Graf 2010). Da sie sehr stabil und deshalb nur schwer veränderbar sind, haben sie einen erheblichen Einfluss auf das Lernen (Duit 1995, Weitzel 2010, Berck & Graf 2010). Sie bilden den Ausgangspunkt für die Interpretation weiterer Informationen und beeinflussen die Problemlösestrategie der Lernenden enorm (Duit 1995).

Alltagsvorstellungen, die auf neue Sachverhalte bzw. Situationen übertragen werden und zu denen keine direkten Erfahrungen vorhanden sind, werden als imaginative Vorstellungen bezeichnet. Diese Form des Verstehens wird auch erfahrungsbasiertes Verstehen genannt (Gropengießer 2007). Imaginative Vorstellungen können letztendlich zu falschen Schlussfolgerungen und zu wissenschaftlich nicht korrekten Vorstellungen führen. Beispielsweise können allgemeine

Denkschemata, wie das *Weg-Ziel-Schema* oder das *Ursache-Wirkungs-Prinzip*, als imaginative Vorstellung auf neue Sachverhalte angewendet werden (Möller 2010).

Allgemein können die Vorstellungen der Lernenden unterschiedlich komplex sein und in Abhängigkeit von ihrer Komplexität klassifiziert werden (Gropengießer 2001, Baalman et al. 2004, Menzel & Bögeholz 2006, Weitzel 2006). Eine mögliche Klassifizierung beschreiben Baalman et al. (2004) und Weitzel (2006) in ihren Untersuchungen. Sie definieren vier Komplexitätsebenen: Die einfachste Form der Vorstellung sind die *Begriffe*, sie werden in Form von Fachwörtern von den Individuen formuliert. Etwas komplexer ist die Ebene der *Konzepte*. Es handelt sich dabei um Aussagen oder Behauptungen, die zu bestimmten Sachverhalten gemacht werden. *Konzepte* in diesem Sinne haben folglich einen eher beschreibenden Charakter. *Denkfiguren* sind nach Baalman et al. (2004) und Weitzel (2006) komplexe Vorstellungen, welche mehrere *Konzepte* miteinander verbinden und im Vergleich zu den Konzepten einen erklärenden Charakter haben. Die höchste Komplexitätsebene ist die der *Theorien*, welche die Vernetzung verschiedener *Denkfiguren* und *Konzepte* beinhaltet. Sie werden in Form von Aussagegefügen oder Darlegungen über einen Wirklichkeitsbereich formuliert (Baalman et al. 2004).

Neben der Einteilung nach Baalman et al. (2004) und Weitzel (2006) können Vorstellungen auch mit Hilfe der weiterentwickelten Taxonomie nach Bloom (Krathwohl 2002) in unterschiedliche kognitive Bereiche gegliedert und auf unterschiedlichen Komplexitätsebenen definiert werden (Beniermann et al. 2014). Das ursprüngliche Ziel war, eine sinnvolle Taxonomie zur Überprüfung von Lernzielen in Abhängigkeit von der Komplexität des Wissens zu schaffen (Krathwohl 2002). Die weiterentwickelte Taxonomie nach Bloom besagt, dass Wissen auf sechs Ebenen mit steigender Komplexität vorhanden sein kann. Die sechs Ebenen sind: *Erinnern*, *Verstehen*, *Anwenden*, *Analysieren*, *Einschätzen* und *Kreieren*. Wissen lässt sich auf jeder dieser Ebenen in *Faktenwissen*, *Begriffswissen*, *prozedurales Wissen* und *metakognitives Wissen* gliedern (Krathwohl 2002).

Die einfachste Form einer Vorstellung definiert sich demzufolge über das *Erinnern* von Wissen. Diese erste Ebene kann als Reproduktionsebene verstanden werden (Beniermann et al. 2014). Die zweite Ebene, das *Verstehen*, beinhaltet das Erklären von Sachverhalten und die Fähigkeit, Sachverhalte wissenschaftlich korrekt in Zusammenhang mit anderem Wissen wiederzugeben (Beniermann et al. 2014). Das Verstehen von Wissen ist demnach komplexer als das Erinnern (Krathwohl 2002). Erst wenn Wissen erinnert und verstanden wurde, kann dieses auch angewendet werden (Krathwohl 2002). Die *Anwendung* von Wissen bedeutet, gelernte Sachverhalte auf neue oder andere Sachverhalte zu übertragen und das Wissen zu nutzen (Beniermann et al. 2014). Dabei handelt es sich um sehr komplexe Vorstellungen auf der Anwendungsebene. Der Ebene der *Anwendung* folgen mit steigender Komplexität die Ebenen *Analysieren*, *Einschätzen* und *Kreieren* von Wissen (Krathwohl 2002). Die Ebene des *Analysierens* beinhaltet das Strukturieren von Wissen in dessen Bestandteile, sowie die Fähigkeit, diese Wissensbestandteile zueinander in Beziehung zu setzen (Krathwohl 2002).

Das *Einschätzen* des Wissens bedeutet das Bewerten des Wissens anhand von Kriterien und Standards (Krathwohl 2002). Die höchste Komplexität hat die Ebene des *Kreierens* von Wissen. Wissen wird kreiert, wenn vorhandenes Wissen und neue Erkenntnisse in Zusammenhang gebracht werden und somit Neues gebildet wird (Krathwohl 2002).

Auf allen Ebenen kann es Wissen geben, welches auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht und somit als wissenschaftlich korrekte Vorstellung verstanden wird. Weiterhin kann es auf allen Ebenen Fehlvorstellungen geben, welche Wissen beinhalten, das nicht wissenschaftlich anerkannt ist.

4.1.2 Moderater Konstruktivismus

Der moderate Konstruktivismus bezieht sich auf die Konstruktion des Wissens von Lernenden ausgehend von den vorhandenen Vorstellungen. Folglich verkörpert er eine Sichtweise des Lehr- und Lernprozesses. Er ist die zurzeit anerkannteste Theorie der Lehr-Lern-Forschung und stellt eine Grundlage dieser Arbeit dar.

Der moderate Konstruktivismus leitet sich von der Erkenntnistheorie des radikalen Konstruktivismus ab. Diese besagt, dass jegliches Wissen über die Realität eine Konstruktion des Menschen ist (Riemeier 2007). Trotz viel Kritik am radikalen Konstruktivismus entwickelte sich dieser, in abgewandelter Form als sogenannter moderater Konstruktivismus, zu einer bedeutenden Sichtweise für das Verständnis von Lernprozessen.

Der moderate Konstruktivismus besagt, Wissen könne auf Grundlage der vorhandenen Vorstellungen von den Lernenden aktiv und selbstreguliert konstruiert werden (Duit 1995, Riemeier 2007, Marohn 2008). Diese Sichtweise ließ sich aus neurophysiologischen Untersuchungen ableiten, die zeigten, dass die Sinnesorgane eine aktive Rolle einnehmen und keine passiven Empfänger darstellen (Zeki 1992). Lernen stellt demnach einen aktiven und situativen Prozess dar, der gleichzeitig emotional und sozial ist. Da der Prozess von den Lernenden selbst determiniert ist, kann er nicht von Außenstehenden kontrolliert werden. Dafür beeinflussen die Umgebung und der Kontext, in dem der Inhalt vermittelt wird, das Lernen positiv oder negativ.

Zahlreiche empirische Untersuchungen belegen, dass die Vorstellungen, die sowohl Lernende als auch Lehrende mit in die Lernumgebung bringen, einen Einfluss auf das Lernen und Lehren haben (Brewer & Lambert 1993, Duit 1995, Berck & Graf 2010, Weitzel 2010). Trotzdem wird zu oft davon ausgegangen, dass die Lernenden beispielsweise bei naturwissenschaftlichen Phänomenen im Unterricht das vom Lehrenden gewünschte Ergebnis beobachten. Häufig erkennen die Lernenden im Unterricht jedoch etwas anderes (Duit 1995), denn sie sehen das, was von ihren eigenen Vorstellungen bestimmt wird (Brewer & Lambert 1993), und dies könnte den Lehrenden unbekannt sein.

4.1.3 Conceptual Change

Die Erkenntnis, dass Wissen nicht einfach von Lehrenden auf Lernende transferiert werden kann (Riemeier 2007), verdeutlicht die Schwierigkeit der Vermittlung wissenschaftlicher Inhalte (Scott et al. 2007). Die konstruktivistische Sichtweise des Lernens setzt voraus, dass Lernwege ausgehend von vorhandenen Vorstellungen gegangen werden (Duit 1995, Riemeier 2007). Dabei sind verschiedene Lernwege zu unterscheiden. Eine Möglichkeit ist der kontinuierliche Lernweg. Es wird versucht, die vorhandene Vorstellung zu erweitern und nur in kleinen Teilen zu hinterfragen. Der diskontinuierliche Lernweg dahingegen beinhaltet eine grundlegende Revision der Alltagsvorstellungen (Duit 1995). Beide Wege führen zur Veränderung der Vorstellungen und werden in dieser Arbeit unter *Conceptual Change* verstanden. Dies leitet sich aus der Conceptual-Change-Theorie nach Posner et al. (1982) ab.

Die Conceptual-Change-Theorie bezieht sich auf die beobachtbare Veränderung von Vorstellungen. Ziel der Lehre sollte es sein, dass Lernende ihre Fehlvorstellungen aufgeben und neue, wissenschaftlich korrekte Vorstellungen entwickeln (Strike & Posner 1992). Dies gestaltet sich schwieriger als gedacht. Chinn und Brewer (1993) zeigten, dass selbst der empirische Beweis durch ein Experiment die Lernenden nicht unbedingt davon überzeugt, dass ihre Vorstellungen dem Beobachteten widersprechen. Tief verankerte Alltagsvorstellungen werden von Lernenden trotz empirischer Evidenz gerechtfertigt und ein möglicher kognitiver Konflikt zwischen alltäglicher Vorstellung und empirischem Beweis wegdiskutiert (Chinn & Brewer 1993). Solange vorhandene Vorstellungen in irgendeiner Form anwendbar sind und als ausreichend funktional zur Erklärung eines Sachverhaltes erscheinen, sind sie stabil. Dies lässt sich auf neurologischer Ebene dadurch erklären, dass das Neuverknüpfen von Nervenverbindungen ein aufwändiger Prozess ist (Müllbacher 2011).

Strike und Posner (1992) formulierten deshalb vier Bedingungen, die gegeben sein müssen, um Vorstellungen zu verändern bzw. zu erweitern. Erstens muss eine gewisse *Unzufriedenheit* mit der existierenden Vorstellung gegeben sein. Vorhandene Vorstellungen haben Grenzen, die demnach von den Lernern begriffen werden müssen. Die neue Vorstellung muss zweitens *verständlich* und somit *rational ergründbar* sein. Das heißt, sie muss mit Hilfe der bisherigen Vorstellungen des Lernenden nachvollziehbar sein. Drittens muss die neue Vorstellung *plausibel* und einleuchtend sein. Folglich müssen mit der neuen Vorstellung Probleme zu lösen sein, die mit der alten Vorstellung nicht zu lösen waren. Ausgehend von der Verständlichkeit und der Plausibilität muss die neue Vorstellung darüberhinaus auch *fruchtbar* sein, sodass sie auf andere Bereiche anwendbar und ausbaufähig ist (Krüger 2007). All dies führt dazu, dass die neue bzw. veränderte Vorstellung einen höheren Erklärungswert als die bisherige Vorstellung besitzen muss (Weitzel 2010).

Nach Pintrich et al. (1993) muss außerdem noch eine weitere Voraussetzung erfüllt sein, da die Lernumgebung ebenfalls einen Einfluss auf die Veränderung der Vorstellungen hat. Soll die Veränderung der Vorstellungen positiv beeinflusst werden, muss die Lernumgebung dies fördern (Riemeier 2007).

Ausgehend von der Conceptual-Change-Theorie wurden drei Lehr-Lern-Konzepte zur Veränderung der Vorstellungen definiert (Möller 2010). Die *Konfliktstrategie* soll die Grenzen der vorhandenen Vorstellungen aufzeigen und somit zur Veränderung führen (Möller 2010, Weitzel 2010). Dazu werden kognitive Konflikte provoziert. Jedoch ist der Erfolg dieser Strategie von der Bereitschaft der Lernenden, den Konflikt wahrzunehmen, abhängig (Möller 2010). Die *Anknüpfungsstrategie* setzt an vorhandenen Überschneidungen der wissenschaftlichen Vorstellung und der Alltagsvorstellung der Lernenden an. Ausgehend von den Überschneidungen können die vorhandenen Vorstellungen erweitert werden (Möller 2010, Weitzel 2010). Als dritte Strategie beschreibt Möller (2010) die *Brücken-Strategie*. Hierbei werden die vorhandenen Vorstellungen der Lernenden erst nach der Vermittlung der wissenschaftlichen Vorstellungen bewusst gemacht und reflektiert.

Gemeinsam verdeutlichen die Conceptual-Change-Theorie und die drei Strategien zur Veränderung der Vorstellungen nach Möller (2010) die Bedeutung der Alltagsvorstellungen für die Entwicklung von Lernangeboten. Diese Bedeutung lässt sich in dem Modell der didaktischen Rekonstruktion ebenfalls wiederfinden und wird im Folgenden näher beschrieben.

4.1.4 Didaktische Rekonstruktion

Die didaktische Rekonstruktion ist ein Modell, welches einen Rahmen bietet, um effektive Lernangebote ausgehend von den Alltagsvorstellungen der Lernenden zu planen und umzusetzen. Es dient der Verknüpfung von Theorie und Praxis in der Biologiedidaktik und bildet einen geeigneten Forschungsrahmen für die vorliegende fachdidaktische Untersuchung (Weitzel 2006, Kattmann 2007).

Jeder Lerner kommt mit tief verankerten Alltagsvorstellungen in ein Lernangebot (Duit 1995). Diese Alltagsvorstellungen können einerseits als Lernhemmnis angesehen werden, weil sie die Wahrnehmung des präsentierten Inhalts beeinflussen (Duit 1995). Andererseits dienen die Alltagsvorstellungen als Anknüpfungspunkte zur Vermittlung der Inhalte (Möller 2010). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion verfolgt das Ziel, die Vorstellungen der Lerner bei der Entwicklung von Lernangeboten zu berücksichtigen (Kattmann et al. 1997). Die Lerner sollen dort abgeholt werden, wo sie stehen (Gropengießer 2006). Ausgehend von der fachlichen Klärung (wissenschaftliche Vorstellung) und der Erhebung der Lernerperspektive (Lernervorstellung) werden Lernangebote didaktisch strukturiert (didaktische Strukturierung) (Abbildung 1).

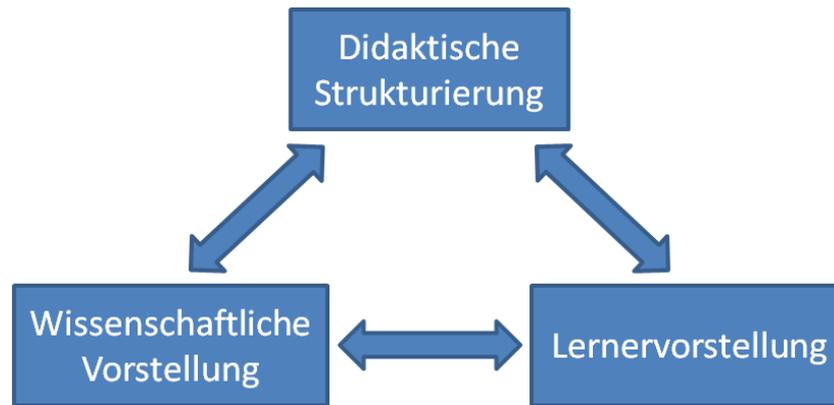


Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion verändert nach dem Modell von Kattmann et al. (1997)

Die fachliche Klärung beinhaltet die kritische und systematische Untersuchung wissenschaftlicher Aussagen und Theorien. In diesem Schritt wird die wissenschaftliche Vorstellung eines Inhaltes hermeneutisch analysiert und zusammengefasst. Dabei werden sowohl historische als auch aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen analysiert und ausgewertet (Kattmann 2007).

Die Erfassung der Lernerperspektive besteht aus der empirischen Untersuchung der Vorstellungen der Lerner, welche sowohl fachlich korrekte als auch Fehlvorstellungen beinhalten können. Die wissenschaftliche Vorstellung und die Lernerperspektive werden im Modell als gleichwertig betrachtet (Weitzel 2006).

Da die Lernervorstellungen als Lernervoraussetzungen aufgefasst werden (Kattmann 2007), sind sie als Lernmittel zu verstehen und bei der didaktischen Strukturierung zu beachten. Die Lernervorstellungen sollen in Wechselbeziehung mit den wissenschaftlichen Vorstellungen gesetzt werden. Die Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Eigenheiten geben folglich Aufschluss über den Planungsprozess der Lernangebote (Duit 1995, Gropengießer 2006, Weitzel 2006). Die Gegenüberstellung der jeweiligen Vorstellungen ermöglicht das Verstehen der beiden Perspektiven und wirkt sich positiv auf den Lernzuwachs aus (Wiesner 1994, Weitzel 2006). Die Ergebnisse der didaktischen Strukturierung können sowohl methodischer, inhaltlicher als auch didaktischer Form sein (Kattmann 2007). Sie dienen einer Unterrichtsgestaltung, die „*fruchtbare und sinnvolle Lernen möglich*“ macht (Gropengießer 2006, S. 12).

Untersuchungen, die auf dem Modell der didaktischen Rekonstruktion basieren, kamen zu dem Ergebnis, dass didaktisch-rekonstruierte Lernangebote ausgehend von den Lernervorstellungen positive Auswirkungen auf das Lernen haben (Weitzel 2006, Cypionka 2012, Niebert 2010). Weitzel (2006) zeigte, dass die SchülerInnen der Oberstufe mit Hilfe des didaktisch rekonstruierten Lernangebots wissenschaftliche Vorstellung zur stammesgeschichtlichen Anpassung entwickeln können. Niebert (2010) konzipierte Lernangebote zum Klimawandel, welche die Reflexion der

eigenen Vorstellungen auslösten und die Vorstellungsentwicklung hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen unterstützten.

4.1.5 Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell

Ziel des Dortmunder Modells ist es, Theorie und Praxis im Bildungsbereich zu verbinden und mittels wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung anwendbare Lernangebote zu entwickeln und im Folgenden zu optimieren. Dabei sollen *lokale* Theorien zu Lehr-Lernprozessen (weiter-)entwickelt werden (Abbildung 2). Es handelt sich um die Entwicklung *lokaler* Theorien, da sie auf den spezifischen Erhebungskontext beschränkt sind (Prediger et al. 2012).

Die fachdidaktische Entwicklungsforschung verfolgt die Herausarbeitung und Strukturierung von Lerninhalten und Lernzielen. Weiterhin sollen durch die Erforschung der Lernausgangslage Ansatzpunkte für die Entwicklung von sogenannten „Lehr-Lernarrangements“ ermittelt werden. Dieser Schritt wird als „Spezifizierung und Strukturierung des Lerngegenstandes“ bezeichnet. (Abbildung 2). Die Ergebnisse des genannten Arbeitsschrittes werden nachfolgend als Startpunkt für die Entwicklung der „Lehr-Lernarrangements“ genutzt. Prediger et al. (2012) schlagen für das weitere Vorgehen vor, konkrete Aktivitäten und Lehr-Lernmittel sowie Methoden für das „Lernarrangement“ zu konzipieren (Abbildung 2, Design (weiter)entwickeln). Nach der Entwicklung eines „Lehr-Lernarrangements“ soll dieses mehrfach mit Lernenden erprobt werden (Abbildung 2, Design-Experimente durchführen und auswerten). Dabei sollen die tatsächlichen Lernprozesse untersucht und mit den angenommenen Lernpfaden verglichen werden. Die Auswertung der einzelnen Erprobungen kann nach Prediger et al. (2012) zur Weiterentwicklung des „Lehr-Lernarrangements“ führen. Neben der methodischen Analyse soll das Verständnis der Lernenden bezogen auf den Lerngegenstand und Lernprozess untersucht werden. *Lokale* Theorien zu Lehr-Lernprozessen können ausgehend von den Ergebnissen der Untersuchung des „Lehr-Lernarrangements“ weiterentwickelt werden. Die Erkenntnisse können Auswirkungen auf die „Spezifizierung und Strukturierung des Lerngegenstandes“ haben und zur Weiterentwicklung des „Lehr-Lernarrangements“ führen. Dementsprechend kann es zu einem ständigen Wechsel der vier Phasen des Dortmunder Modells kommen (Abbildung 2, Prediger et al. 2012).

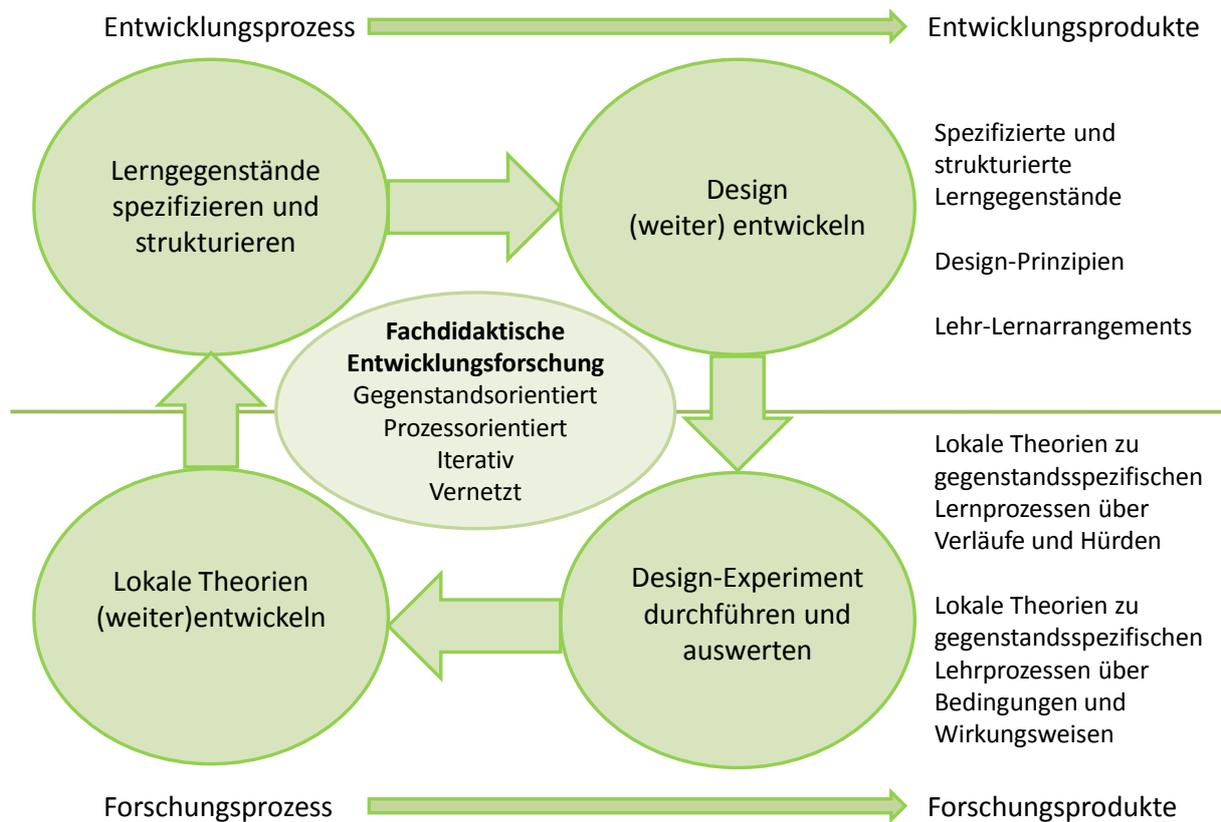


Abbildung 2: Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell nach Prediger et al. (2012).

Diese Herangehensweise führt zu der schrittweisen Entwicklung eines gegenstands- und prozessorientierten „Lehr-Lernarrangements“, welches mit der Forschung stark vernetzt ist (Prediger et al. 2012).

Wolf (2013) zeigte am Beispiel der fachdidaktischen Entwicklungsforschung zur „Nachhaltigkeit“, dass die intensive Beforschung eines „Lehr-Lernarrangements“ aufwändig, jedoch von erheblicher Bedeutung für die sinnvolle Umsetzung in der Unterrichtspraxis ist. Sie konnte lokale Theorien zum Lernprozess ableiten und beispielsweise drei Handlungstypen des nachhaltigen Handelns definieren.

In Anlehnung an das Modell der didaktischen Rekonstruktion und die fachdidaktische Entwicklungsforschung werden in der vorliegenden Arbeit die Lernervorstellungen zur Evolutionstheorie – genauer zur evolutionären Anpassung der Pflanzen und Tiere erforscht, um ein Lernangebot für botanische Gärten zu entwickeln und anzuwenden. Zahlreiche Untersuchungen haben bisher gezeigt, dass SchülerInnen der Grundschule, der Mittelstufe und Studierende Schwierigkeiten haben, grundlegende Prozesse der Evolution zu verstehen (Kapitel 4.2). Da die

Evolutionstheorie eine der bedeutendsten Theorien der Naturwissenschaften ist, ist es von großer Bedeutung, wissenschaftlich korrekte Vorstellungen von Evolution zu vermitteln.

4.1.6 Wissenschaftliche Vorstellungen zur Anpassung im Kontext der Evolution

Evolution ist die stammesgeschichtliche Entwicklung und somit die Entstehung des Lebens und der Lebewesen, sowie deren Veränderungen und das Aussterben von Lebewesen (Kleesattel 2011). Ein bedeutender Teil dieser stammesgeschichtlichen Entwicklung und Veränderung verschiedener Arten ist die evolutive Anpassung (Fleagle 2013), welche auch als Adaption (lat. *adaptare*, anpassen) bezeichnet werden kann. Der Begriff „Anpassung“ kann leicht missverstanden werden und wurde in der Vergangenheit immer wieder diskutiert (Mayr 1988).

Darwin (1872) beschreibt Anpassung als Formen, Funktionen und Verhalten von Lebewesen, die erscheinen, als seien sie aufeinander abgestimmt und zweckmäßig beschrieben. Gleichzeitig verwendet er den Begriff „Anpassung“ als Prozess der Angleichung von Form, Funktion und Verhalten an die Lebensbedingungen (Darwin 1872). Nach Futuyma (2007) erklärt Darwin diesen Prozess mit der Vorstellung der „Variationstheorie“ („*This theory is a variational theory of change*“ S. 7), welche auf der natürlichen Selektion basiert.

Die „Variationstheorie“ beschreibt das Vorhandensein von Varianten innerhalb einer Population. Diese Varianten haben einen unterschiedlichen Fortpflanzungserfolg, und somit kommt es nach jeder Generation zu einer unterschiedlichen Verteilung von Varianten in einer Population. Die Varianten, die am besten mit den Lebensbedingungen zurechtkommen, haben am meisten überlebende Nachkommen und somit eine hohe Fitness. „*This principle of preservation, or the survival of the fittest, I have called natural selection*“ (Darwin 1859). Nachdem die genetischen Grundlagen der Vererbung erforscht und verstanden waren, erweiterte Mayr (1988) den von Darwin geprägten Begriff „Varianten“ um die genetische Variation der Individuen innerhalb einer Population.

Die „Fitness“ ist folglich der relative Fortpflanzungserfolg eines Individuums und die natürliche Selektion das Einwirken von Umweltfaktoren auf den Überlebens- und Fortpflanzungserfolg (Williams 1966). Durch den Fortpflanzungserfolg einiger Individuen unter bestimmten Umweltbedingungen kommt es zur Dominanz von Merkmalsausprägungen.

Die Wechselbeziehungen von Organismen mit ihrer Umwelt führen demnach zu bestimmten Merkmalsausprägungen (z.B. Formen), welche als Angepasstheit verstanden werden (Anton et al. 2011). Nach Mayr ist die Angepasstheit nicht nur durch Merkmalsausprägungen definiert, es handelt sich bei der Angepasstheit vielmehr um „*die morphologische, physiologische und verhaltensmäßige Ausstattung einer Spezies oder eines Mitglieds einer Spezies, um mit Angehörigen von anderen Spezies zu konkurrieren, und es ihr oder ihm ermöglicht, die gegebene unbelebte Umwelt zu ertragen*“ (übersetzt nach Mayr 1988, S. 135).

Somit wird der Begriff „Angepasstheit“ für diese Arbeit als Merkmalsausprägung, Funktion und Verhalten definiert, welche es den Individuen einer Art ermöglicht, in der Umwelt zu überleben. Zudem wird der Begriff „Anpassung“ als Entwicklungsprozess verstanden, in dem sich Populationen über mehrere Generationen verändern (Palmer 1996) und der unter anderem auf dem Mechanismus der natürlichen Selektion basiert (Mayr 1988, Palmer 1996, Fleagle 2013).

Ronald A. Fisher, John B. S. Haldane und Sewall Wright zeigten während der Synthese der Evolutionstheorien, dass natürliche Selektion zusammen mit Mutation und Rekombination sowie die daraus folgenden Variationen zwischen den Individuen die Grundlage der Anpassung bilden (Wright 1932, Huxley 1974). Mutationen und Rekombinationen sind unabhängig von den Erfordernissen und somit nicht zielgerichtet (Kleesattel 2011).

Diese Vorstellung wurde von weiteren Wissenschaftlern in der modernen Evolutionsbiologie folgendermaßen erweitert: Die genetische Variabilität innerhalb einer Population basiert nicht nur auf der Rekombination und der zufälligen Mutation, sondern wird ebenso von genetischer Drift und Isolation beeinflusst (Mayr 1954, Futuyma 2007).

Zusammenfassend ist Evolution die Änderung der genetischen Zusammensetzung von Populationen von Generation zu Generation (Nabors 2007). Die Anpassung ist Teil der Evolution und setzt diese genetischen Veränderungen in Beziehung zum Einfluss der Lebensbedingungen, denn die genetischen und daraus folgenden phänotypischen Veränderungen werden von der natürlichen Selektion begleitet (Mayr 1988).

4.1.7 Die Bedeutung der Evolution

Die Evolutionstheorie ist die bedeutendste Theorie der Biologie. Sie stellt deren Grundlage dar, denn durch sie werden alle Disziplinen der Biologie miteinander verbunden. Die Evolution ist das zentrale Thema der Biologie (Dobzhansky 1973, Kleesattel 2011), weil sie als Lehre des Lebens ohne die Evolution, welche die Entstehung und Entwicklung der verschiedenen Lebewesen darstellt, nicht verstanden werden kann. Jegliche Struktur und jeder Prozess, die in der Biologie erforscht werden, sind Teil der Geschichte der Evolution. Dies erkannte unter anderem Charles Darwin, der die Auffassung vertrat, alle Lebewesen und somit alle Strukturen und Prozesse seien aus einem primitiven und ursprünglicheren Lebewesen hervorgegangen (Futuyma 2007).

Die Evolution ist die Geschichte aller Lebewesen auf der Erde und wichtig, um die Zusammenhänge zwischen den Lebewesen und Ökosystemen zu verstehen. Sie steht für alle Veränderungen, durch die das Leben auf der Erde geprägt ist, und folglich für die heutige Form und Vielfalt des Lebens auf der Erde (Kleesattel 2011). Diese Vielfalt des Lebens wird seit Jahren im Kontext der Biodiversitätsforschung untersucht und der Biodiversitätsverlust mit seinen Auswirkungen auf die Ökosysteme und die Menschheit in der Öffentlichkeit diskutiert (Cardinale et al 2012). Damit die

Bedeutung der Biodiversität und der Verlust dieser verstanden werden können, sollten die Grundlagen der Evolutionstheorie verstanden worden sein. Wichtige Fragen wie z.B. „Wie kam es zur heutigen Biodiversität?“, „Welche Bedeutung hat die Biodiversität für die Zukunft?“ und „Welche Bedeutung hat die Biodiversität für jeden einzelnen?“ können nur mit Hilfe evolutiver Kenntnisse beantwortet werden. Somit kann ein grundlegendes Verständnis der Evolution dazu beitragen, dass die Menschen allen Lebewesen verantwortlich gegenüber handeln, diese wertschätzen und achten (Hesse 1999, Futuyma 2007).

Die Evolutionstheorie ist weiterhin Teil unterschiedlicher gesellschaftlicher Belange, wie der Medizin, der Landwirtschaft und des Selbstverständnis' des Menschen (Futuyma 2007). In der Medizin sind beispielsweise evolutive Grundlagen Teil der Problematik antibiotikaresistenter Bakterien. In der Landwirtschaft basiert die Züchtung bestimmter Sorten auf evolutiven Mechanismen. Weiterhin leistet die Evolutionstheorie einen wichtigen Beitrag zur Selbstanschauung, da sie Erkenntnisse über die Stellung des Menschen unter anderen Lebewesen ermöglicht.

Obwohl die Evolutionstheorie so bedeutend für jedermann ist, ist sie auch nach über 150 Jahren immer noch umstritten und wird von einem Großteil der Bevölkerung abgelehnt (Graf 2009, Lammert 2012). Nicht nur in den USA wurde in der Vergangenheit die Ablehnung der Evolutionstheorie nachgewiesen, auch in Deutschland waren nur etwa 70 % der Bevölkerung davon überzeugt, dass Evolution stattfindet (Graf 2009). Diese Ablehnung scheint in Zusammenhang mit dem Wissen über Evolution und dem Verständnis von Wissenschaft zu stehen (Lammert 2012). Untersuchungen zeigten, dass sogar Lehramtsstudierende des Fachs Biologie Schwierigkeiten mit dem Verstehen der Evolutionstheorie hatten (Hin 2000, Anderson et al. 2002, Crawford et al. 2005, Graf 2009). Dies kann später in der Schule Auswirkungen auf das Vermitteln der Evolutionstheorie haben und Fehlvorstellungen bei den SchülerInnen prägen.

In verschiedenen internationalen Studien konnte nachgewiesen werden, dass SchülerInnen unterschiedlicher Altersstufen Schwierigkeiten mit dem Verständnis der Evolutionstheorie haben (Anhang, Tabelle 22). Ausgehend von der Bedeutung der Evolution für die Forschung und Gesellschaft sowie den Schwierigkeiten der Lernenden beim Verstehen evolutionärer Mechanismen und Zusammenhänge, zeigt sich die Bedeutung der Erforschung der Vorstellungen zu diesem Thema. Im Folgenden wird deshalb der Stand der Forschung zu Vorstellungen zur Evolution – im Speziellen evolutionärer Anpassung dargestellt.

4.2 Stand der Forschung

4.2.1 Vorstellungen zur evolutionären Anpassung

Die Bedeutsamkeit des Themas Evolution führte unter anderem dazu, dass sich die fachdidaktische Forschung ausführlich mit dem Lernen und Lehren von Evolution beschäftigt. Die Vorstellungen zu Evolution wurden vielseitig in unterschiedlichen Altersgruppen und Ländern sowohl qualitativ als auch quantitativ beforscht. Zusammenfassungen zu einer Auswahl dieser Studien befinden sich im Anhang 11.1 in Tabelle 22. Betrachtet man die verschiedenen beschriebenen Vorstellungen zu Evolution und setzt sie in Bezug zur evolutionären Anpassung, lassen sich folgende prominente Fehlvorstellungen zusammenfassen:

Finalistische Vorstellung (oder teleologische Vorstellung)

Die finalistische Vorstellung von Anpassung beinhaltet einen end- und zielgerichteten Anpassungsprozess (Anderson & Wallin 2006, Graf & Hamdorf 2011, Lammert 2012, Kampourakis 2013). Durch die inneren Bedürfnisse der Lebewesen oder durch Umweltveränderungen entwickeln sich bestimmte Eigenschaften bzw. Merkmale bei Lebewesen (Smith 2010, Fenner 2013, Lammert 2012). Die Anpassung unterliegt entweder einer höheren Instanz oder dem Willen des Lebewesens selbst. Diese Vorstellung von Anpassung geht immer von einem Endzustand der Entwicklung aus. Dieser Endzustand wird als das entwickelte Merkmal bzw. die Eigenschaft dargestellt (Fenner 2013). Dieses Merkmal bzw. diese Eigenschaft bringt immer eine gewisse Funktion mit sich, deshalb wird bei dieser Vorstellung die Funktionalität einer Eigenschaft (Merkmal) als Ursache des evolutionären Prozesses gesehen (Johannsen & Krüger 2005). Variation zwischen Individuen, der Zufall und der dynamische Charakter von Angepasstheit passen nicht mit der finalen Vorstellung von Anpassung zusammen (Lammert 2012, Fenner 2013).

Lamarckistische Vorstellung

Die lamarckistische Vorstellung leitet sich von der Vorstellung des französischen Botanikers und Zoologen Lamarck ab und basiert somit auf einer historischen wissenschaftlichen Vorstellung (Kampurakis & Zogza 2007). Diese Vorstellung besagt, dass der Gebrauch oder Nicht-Gebrauch von Organen einen Einfluss auf die Entwicklung derselben hat. Die Entwicklung der Organe (bzw. Merkmalsausprägungen) findet stufenweise und sehr langsam statt (Weitzel 2006). Weiterhin wird der stärkere oder seltenere Gebrauch der Organe von den Verhältnissen (Lebensbedingungen) und den Bedürfnissen der Individuen bestimmt (Weitzel 2006). Die lamarckistische Vorstellung beinhaltet folglich, dass Anpassung auf der Notwendigkeit basiert und durch die Umwelt begründet wird (Mayr 1982).

Personen mit lamarckistischen Vorstellungen beschreiben nicht nur, dass der Gebrauch und Nicht-Gebrauch zur Veränderung von Eigenschaften (bzw. Merkmalsausprägungen) führt, sondern ebenfalls, dass diese erworbenen Eigenschaften an die folgende Generation weitergegeben werden (Wandersee et al. 1995, Kaporakis & Zogza 2007). Die Vorstellung, dass jedes Individuum sich an die Umwelt anpasst, führt zur Vorstellung, dass Arten nicht durch Umweltveränderungen aussterben können (Mayr 1982).

Lamarck selbst beschrieb diese Form der Anpassung ausschließlich für Tiere. Bei Pflanzen verlaufe der Prozess anders, da diese keine Tätigkeiten durchführen. Die Anpassung der Pflanzen beschrieb er auf Grundlage der Hybridisierung nahe verwandter Arten (Weitzel 2006). Letzteres wurde jedoch in den Studien über die lamarckistischen Vorstellungen zur Evolution nicht beachtet.

Anthropomorphe Vorstellung

Anthropomorphe Vorstellungen beinhalten das Übertragen menschlicher Attribute auf Organismen und Gegenständen (Johannsen & Krüger 2005, Fenner 2013). Dies führt zu einem zweck- und zielgerichteten Verhalten von Organismen (Johannsen & Krüger 2005). Die evolutionäre Anpassung wird hierbei aktiv vom Tier oder der Pflanze gesteuert. Dadurch wird den Lebewesen ein Bewusstsein zugeschrieben, das die Erkenntnis vorhandener Unangepasstheit mit sich bringt (Fenner 2013). Der Mensch begründet häufig evolutive Prozesse ausgehend von seinem eigenen Verhalten basierend auf der Intentionalität und somit einer handelnden „Person“ (Smith 2010).

Typologische Vorstellung

Die typologische Vorstellung repräsentiert die Vorstellung, dass Individuen und Populationen durch bestimmte Typen verkörpert werden und somit Wesensformen bzw. ideale Typen vorhanden sind (Fenner 2013). In dieser Vorstellung gibt es keine individuellen Unterschiede und somit keine Variation (Graf & Hamdorf 2011), deshalb verändern sich Populationen gleichförmig (Fenner 2013). Nach Smith (2010) sind Personen mit dieser Vorstellung auch als „Essentialisten“ zu verstehen, weil sie glauben, dass alle Lebewesen klar abgegrenzten Kategorien zugeordnet werden können.

Die beschriebenen prominenten Vorstellungen wurden in unterschiedlichen Altersklassen in verschiedenen Studien der Vorstellungsforschung zur Evolution nachgewiesen (z.B. Brumby 1979, Jensen & Finley 1996, Johannsen & Krüger 2005, Nehm & Schonfeld 2007, Lammert 2012, Fenner 2013).

Bereits 1979 beobachtete Brumby bei Studierenden den negativen Einfluss einer lamarckistischen Auffassung von Evolution auf ein wissenschaftliches Verständnis. In ihrer Untersuchung stellte sie fest, dass eine lamarckistische Vorstellung von evolutiven Prozessen bei Studierenden weit verbreitet

ist und das Erlernen der Theorie Darwins erschwert (Brumby 1979). Dies bestätigte auch die Untersuchung der Studierendenvorstellungen von Jensen und Finley (1996). Neben der weit verbreiteten lamarckistischen Vorstellung zeigte diese Untersuchung das häufige Formulieren teleologischer Vorstellungen durch die Studierenden (Jensen & Finley 1996).

Den negativen Einfluss einer lamarckistischen Auffassung von Evolution auf ein wissenschaftliches Verständnis stellten Johannsen und Krüger (2005) mittels einer Fragebogenstudie auch bei SchülerInnen der Jahrgangsstufen 10 bis 13 fest. Weiterhin wurde gezeigt, dass neben lamarckistischen auch finale und anthropomorphe Vorstellungen von Evolution bei den SchülerInnen zu finden waren. Die meisten SchülerInnen stimmten in dieser Untersuchung einer finalen Auffassung von Evolution zu.

Nehm und Schonfeld (2007) verdeutlichten in ihrer Untersuchung, dass auch LehrerInnen Fehlvorstellungen zur natürlichen Selektion haben. Mehr als 25 % der befragten LehrerInnen formulierten eine lamarckistische Vorstellung und/oder die Notwendigkeit der evolutiven Entwicklung.

Weiterhin wurden die Schülervorstellungen der Sekundarstufe I untersucht. Beispielsweise zeigte Lammert (2012) unter anderem anhand ihrer Fragebogenstudie mit SchülerInnen der Jahrgangsstufen 9 und 10, dass über 50 % der SchülerInnen entweder lamarckistische oder finalistische Vorstellungen von Evolution vertreten. Fenner (2013) fand während einer Interventionsstudie mit SchülerInnen der 5. und 6. Jahrgangsstufe ebenfalls überwiegend finalistische und lamarckistische Vorstellungen.

Denkfiguren

Im Unterschied zu den genannten prominenten Vorstellungen haben Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) die Schülervorstellungen von OberstufenschülerInnen untersucht und daraus sogenannte Denkfiguren abgeleitet. Sie nutzten die Konzepte von SchülerInnen der Oberstufe zum Prozess der Anpassung, um vier Denkfiguren zu definieren.

Denkfigur 1 beinhaltet die Vorstellung des gezielten adaptiven Handelns von Individuen, welches zu deren Anpassung führt. *Denkfigur 2* beinhaltet ebenfalls eine aktive Anpassung durch eine adaptive körperliche Umstellung. Bei *Denkfigur 1* steht das zielgerichtete Handeln von Lebewesen im Vordergrund, bei *Denkfigur 2* jedoch die Anpassung aus einer Notwendigkeit heraus. Als *Denkfigur 3* definierten Baalman et al. (2004) die Vorstellung „absichtsvolle genetische Transmutation“. Hierbei kommt es nach den Schülervorstellungen durch eine aktive Veränderung der genetischen Information zur zweckmäßigen Anpassung der Organismen. Alle drei Denkfiguren beinhalten die Vorstellung, Anpassung sei zielgerichtet bzw. zweckmäßig, und lassen sich somit ebenfalls der

finalistischen bzw. teleologischen Vorstellung zuordnen. Keine dieser drei Denkfiguren beinhaltet die wissenschaftliche Vorstellung der Anpassung.

Weitzel und Gropengießer (2009) ergänzten demzufolge die wissenschaftliche Denkfigur bei ihrer Untersuchung zur Vorstellungsentwicklung zum Prozess der Anpassung: *Denkfigur 4* beinhaltet die Vorstellung, dass Anpassung aufgrund von Unterschiedlichkeit und Auslese stattfindet (Weitzel & Gropengießer 2009).

Im Folgenden werden die Vorstellungen unabhängig von den prominenten Vorstellungen und Denkfiguren dargestellt, welche unter anderem als Grundlage für die eigene Erhebung dienen (Tabelle 1):

Tabelle 1: Beispiele für beschriebene Vorstellungen zur evolutionären Entwicklung, welche in verschiedenen Untersuchungen (Tabelle 22) bei den Probanden identifiziert wurden.

Vorstellung	Literatur
Anpassung findet bei allen Individuen einer Population gleichzeitig statt.	Bishop & Anderson 1990, Lombrozo et al. 2006
Evolution findet bei Individuen innerhalb eines Lebens statt, nicht innerhalb einer Population.	Prinou et al. 2008
Individuen einer Art und einer Population sind identisch, vor allem bei Pflanzen. Bei Pflanzen gibt es keine intraspezifische Variation.	Alters & Nelson 2002, Sinatra et al. 2008
Variation wird nicht als essentiell für die Evolution erachtet.	Bishop & Anderson 1990, Alters & Nelson 2002
Evolution strebt nach einer höheren Form.	Alters & Nelson 2002
Evolution findet durch absichtsvolle Veränderung des Merkmals aufgrund von Notwendigkeit statt.	Anderson & Wallin 2006, Kampourakis & Zogza 2007
Antrieb der Anpassung ist die Notwendigkeit.	Bishop & Anderson 1990, Hagman et al. 2003, Kampourakis & Zogza 2007
Die Umwelt führt zur Anpassung.	Engel Clough & Wood-Robinson 1985, Bishop & Anderson 1990, Anderson & Wallin 2006,
Evolution/ Anpassung findet durch „Gebrauch“ (habit of use) statt.	Bishop & Anderson 1990, Kampourakis & Zogza 2007
Evolution findet durch unterschiedliches Überleben der Individuen statt.	Kampourakis & Zogza 2007
Adaption ist ein Ergebnis der natürlichen Selektion und wirkt auf eine Population.	Engel Clough & Wood-Robinson 1985, Bishop & Anderson 1990
Tiere, aber nicht die Pflanzen müssen sich entwickeln, um zu überleben.	Bizzo 1994
Merkmale/ Individuen entwickeln sich graduell weiter.	Engel Clough & Wood-Robinson 1985, Hagman et al. 2003
Individuen einer Art passen sich an die Umwelt durch graduelle Veränderung an.	Anderson & Wallin 2006
Pflanzen, Bakterien und Viren zeigen keine Anpassung.	Palmer 1996
Die Evolution der Pflanzen ist ein stufenförmiger, linearer und kontinuierlicher Prozess.	Cypionka 2012
Individuen verändern sich über die Zeit.	Jensen & Finley 1996, Alters & Nelson 2002

Die meisten Untersuchungen der Vorstellungen zur Evolution beziehen sich auf Zusammenhänge aus dem Bereich der Zoologie (Anderson et al. 2002, Hagman et al. 2003, Baalman et al. 2004, Weitzel & Gropengießer 2009). Beispielsweise wurden alle vier Denkfiguren von Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) mittels Aussagen von SchülerInnen zur Anpassung anhand von Beispielen aus der Zoologie ermittelt. Anderson et al. (2002) entwickelten und evaluierten einen Fragebogen zur Erhebung der Vorstellungen von natürlicher Selektion ebenfalls anhand drei zoologischer Beispiele, und Hagman et al. (2003) untersuchten die Vorstellungen der OberstufenschülerInnen zur Evolution ausschließlich anhand der Beispiele „Geparden“, „Mosquitos“, „Enten“ und „Robben“.

Nur bei einer Untersuchung der Vorstellungen der SchülerInnen zur Evolution wurde der Schwerpunkt der Untersuchung auf *botanische* Beispiele gelegt. Bei dieser Untersuchung wurden die Vorstellungen von SchülerInnen der Jahrgangsstufe 5 zur Evolution und Entwicklung der Pflanzen erhoben (Cypionka 2012). Diese SchülerInnen verstanden die Evolution der Pflanzen als stufenförmigen, linearen und kontinuierlichen Prozess, der ohne Störungen auf einen Endzustand hinausläuft. Die Anpassung der Pflanzen wird als zielgerichteter und nicht zufälliger Prozess verstanden, wobei die Lebensbedingungen eine bedeutende Rolle spielen (Cypionka 2012).

Palmer (1996) zeigte im Vergleich dazu, dass SchülerInnen der Jahrgangsstufe 10 die Pflanzen nicht als lebendige Wesen einstufen und deshalb bei den Pflanzen keine Angepasstheiten erkennen. Ziel seiner Untersuchung war es, herauszufinden, ob die Einordnung von Items (Pflanzen, Vertebraten, Insekten, Bakterien, Steine, Schnecken etc.) nach „lebendig“ oder „nicht lebendig“ das Antwortverhalten der SchülerInnen bei der Beschreibung der Angepasstheit beeinflusst. Es zeigte sich, dass die SchülerInnen am häufigsten die Vertebraten als „lebendig“ einstufen und bei Vertebraten am ehesten die Vorstellung der Angepasstheit anwendeten. Dieses Ergebnis lässt eine Inkonsistenz des Antwortverhaltens in Abhängigkeit vom Beispiel vermuten.

Die Untersuchungen von Brumby (1984) sowie Engel Clough und Driver (1986), beschrieben eine inkonsistente Anwendung verschiedener Vorstellungen auf unterschiedliche Problemstellungen. Brumby (1984) zeigte, dass nur 10 % der befragten Medizinstudierenden im ersten Semester wissenschaftlich korrekt und konsistent bei drei verschiedenen Problemen die Vorstellung der natürlichen Selektion anwendeten. Engel Clough und Driver (1986) beobachteten bei SchülerInnen (12-16 Jahren) eine geringe Konsistenz in der Anwendung der Vorstellungen auf unterschiedliche Beispiele. Im Vergleich dazu gibt es Untersuchungen zu den Vorstellungen der 9-12-jähriger SchülerInnen, die zu fast 90 % konsistente Fehlvorstellungen zur Artentstehung äußerten (Samarapungavan & Wiers 1997).

Neben den Untersuchungen der Schülervorstellungen wurden in einigen der genannten Untersuchungen Faktoren beforcht, die im Zusammenhang mit den Vorstellung der Probanden stehen. Beispielsweise wurden Zusammenhänge zwischen den Vorstellungen zur Evolution bzw. dem

Verstehen der Evolutionsmechanismen und folgenden Faktoren nachgewiesen: der Akzeptanz der Evolutionstheorie (Sinatra et al. 2003, Graf & Soran 2011, Lammert 2012), dem Verständnis von (Lammert 2012) sowie dem Vertrauen zu Wissenschaft (Graf & Soran 2011) und dem Glauben bzw. der Religion (Evans 2001, Trani 2004, Moore et al. 2011). Solche Faktoren können negative Auswirkungen auf das Konstruieren wissenschaftlicher Vorstellungen zur Evolution haben (Bishop & Anderson 1990, Alters & Nelson 2002). Weiterhin wurde festgestellt, dass die Sprache eine Problematik bei der Formulierung wissenschaftlicher Vorstellungen zur Evolution darstellt (Weitzel 2006, Smith 2010).

Im Bezug zur evolutionären Anpassung lässt sich die Problematik der Sprache folgendermaßen zusammenfassen. Die SchülerInnen haben Schwierigkeiten mit dem Wort Anpassung, da die Evolutionstheorie hier einen Terminus nutzt, der im Alltag in einem anderen Kontext verwendet wird (Hagman et al. 2003). Unter Anpassung wird im täglichen Sprachgebrauch unter anderem die Veränderung des Verhaltens oder die physikalische Veränderung verbunden, welche als Antwort auf die Umweltbedingungen stattfindet (Alters & Nelson 2002). Die unpräzise Anwendung der Sprache führt zur Formulierung von Fehlvorstellungen im wissenschaftlichen Kontext (Smith 2010). Weiterhin verwenden die Lernenden und Lehrenden häufig Metaphern, welche die beschriebenen finalistischen oder anthropomorphen Vorstellungen verkörpern (Weitzel 2006, Smith 2010).

Die Forschung über Vorstellungen zu evolutionären Themen zeigt die Vielzahl der Fehlvorstellungen in unterschiedlichen Altersgruppen und führt zu der Erkenntnis, dass diese das Vermitteln wissenschaftlicher Vorstellungen beeinflussen (Alters & Nelson 2002, Smith 2010). Um die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zu verbessern, wurden ausgehend von den Schülervorstellungen bereits Interventionsstudien in unterschiedlichen Altersstufen durchgeführt.

4.2.2 Interventionsstudien zur Vermittlung evolutionärer Zusammenhänge

Bishop und Anderson (1990) erforschten mittels einer Interventionsstudie zur natürlichen Selektion die Vorstellungen und deren Veränderung bei Studierenden. Sie zeigten zu Beginn, dass die meisten Probanden unter dem Begriff „Evolution“ einen Prozess verstehen, bei dem sich die Individuen aufgrund der Umweltbedingungen graduell verändern. Die Variationen zwischen den Individuen und deren unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg werden in den Beschreibungen von den Studierenden nicht bedacht. Die durchgeführte Intervention zeigte einen Lernerfolg bei den Studierenden. Im Post-Test mittels Fragebogen äußerten mehr als 50 % der Studierenden eine wissenschaftliche Vorstellung von evolutionärer Veränderung, jedoch hatte immer noch ein Großteil der Studierenden Fehlvorstellungen zur natürlichen Selektion (Bishop & Anderson 1990).

Weitere Interventionsstudien mit Studierenden zeigten den Einfluss unterschiedlicher Lernangebote auf die Rekonstruktion der Vorstellungen zu evolutionären Veränderungen. Immer wieder wurden

die Schwierigkeiten bei der Vermittlung wissenschaftlich korrekter Vorstellungen und der Verankerung der wissenschaftlichen Vorstellung auf längere Zeit bei Studierenden beschrieben (Demastes 1995, Jensen & Finley 1996, Nehm & Reilly 2007). Die internationale Forschung zu den Studierendenvorstellungen zur Evolution veranschaulichte, dass frühzeitig mit der Vermittlung evolutionärer Grundlagen begonnen werden sollte (Kampourakis & Zogza 2009).

Es gibt ebenfalls Interventionsstudien zur Untersuchung des Lernerfolges bei SchülerInnen. Jiménez-Aleixandre (1992) untersuchte die Vorstellungen bei jüngeren SchülerInnen. Sie zeigte mit ihrer Interventionsstudie, dass SchülerInnen (14 Jahre), die die Intervention zur natürlichen Selektion durchlaufen haben, ein Jahr später im Retest deutlich häufiger darwinistische Vorstellungen äußerten. Insgesamt äußerten 60 % der Befragten wissenschaftlich korrekte Vorstellungen im Retest. Das Diskutieren über die eigenen Vorstellungen förderte die Rekonstruktion dieser hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen (Jiménez-Aleixandre 1992).

Hagman et al. (2003) begleiteten ältere SchülerInnen (17 Jahre) während einer 16-stündigen Lehrveranstaltung zur Evolution. Sie konnten mit einem Prä-Post-Test nachweisen, dass die SchülerInnen ein Jahr nach der Intervention mehr wissenschaftliche Vorstellungen zur Evolution äußerten als davor.

Beide Studien zeigen einerseits die häufigere Anwendung der wissenschaftlichen Vorstellungen zur Evolution ein Jahr nach der Intervention, andererseits wird deutlich, dass diese nicht konsistent bei allen Beispielen und von allen SchülerInnen verwendet werden (Jiménez-Aleixandre 1992, Hagman et al. 2003).

Diese Inkonsistenz der Vorstellungen wurde von Kampourakis und Zogza (2009) bei SchülerInnen im Alter von 15-16 Jahren untersucht. Sie zeigten, dass nach einer Intervention auf Grundlage der Conceptual-Change-Theorie die Inkonsistenz der Formulierungen der Vorstellungen zur Entstehung von Homologien und Angepasstheiten weiterhin vorhanden sein kann.

Zabel und Gropengießer (2011) untersuchten den Lernerfolg 13-jähriger SchülerInnen durch eine Unterrichtseinheit zur natürlichen Selektion. Mit Hilfe geschriebener Aufsätze zu der Evolution „moderner Wale“ wurden die Schülervorstellungen vor und nach der Unterrichtseinheit erhoben. Sie wiesen nach, dass das Konstruieren wissenschaftlich korrekter Vorstellungen zur natürlichen Selektion einen individuellen Lernprozess darstellt und die Lernenden durch die Intervention ihre Vorstellungen rekonstruieren, jedoch nicht jeder einzelne ausschließlich hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen (Zabel & Gropengießer 2011).

Zusammenfassend zeigen die Interventionsstudien kleine Erfolge bei der Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zur Evolution. Jedoch reicht das einmalige Durchführen einer kurzen Intervention nicht, um den erwünschten Lernerfolg zu erhalten (Bishop & Anderson 1990, Demastes 1995, Jensen & Finley 1996, Nehm & Reilly 2007). Deshalb sollte im Laufe der Schulzeit und des Studiums immer wieder Bezug zu den Grundlagen der Evolution genommen werden.

Damit dies zukünftig besser gelingen kann, werden in der vorliegenden Untersuchung die Vorstellungen zur evolutionären Anpassung bei den SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 erforscht. Neben der Identifikation der Vorstellungen einer noch nicht qualitativ beforschten Altersgruppe wird der Einfluss der gewählten Beispiele auf das Antwortverhalten der SchülerInnen untersucht. Die meisten Studien identifizierten die Vorstellungen der Probanden zu Beispielen aus der Zoologie, die vorliegende Untersuchung identifiziert jedoch auch die Vorstellungen der SchülerInnen zu *botanischen* Beispielen. Damit soll auch der Einfluss des gewählten Beispiels auf die Formulierung der Vorstellungen zur evolutionären Anpassung aufgezeigt werden.

Die Erkenntnisse der Untersuchung sollen für die Entwicklung eines Lernangebotes zur Vermittlung der evolutionären Anpassung im botanischen Garten genutzt werden. Dementsprechend leistet diese Arbeit einen wichtigen Beitrag für ein mögliches Spiralcurriculum zur Evolution. Es soll die bisherigen Lernangebote erweitern, welche hauptsächlich auf Beispielen *zoologischer* Zusammenhängen basieren und nicht für die Jahrgangsstufe 7 im Sinne der didaktischen Rekonstruktion und der fachdidaktischen Entwicklungsforschung entwickelt wurden.

5 FRAGESTELLUNGEN UND FORSCHUNGSDESIGN

Das Ziel dieser Untersuchung ist es, die Vorstellungen von SchülerInnen zur Anpassung bei Pflanzen und Tieren in der Sekundarstufe I zu erforschen und ausgehend von den erhobenen Vorstellungen Ansatzpunkte für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen von Anpassung abzuleiten. Anhand dieser Ansatzpunkte wird ein konkretes Lernangebot zur „Anpassung“ für den botanischen Garten konzipiert, welches anschließend durchgeführt und evaluiert wird. Dieses Lernangebot soll als Teil eines möglichen Spiralcurriculums zum Thema Evolution dienen.

Im Vordergrund der gesamten Arbeit stehen die Erhebung und Analyse der Schülervorstellungen sowie die praxisorientierte Anwendung der Theorie anhand einer konkreten Lernsituation.

Das Forschungsdesign setzt sich aus qualitativen und quantitativen Methoden zusammen (Abbildung 3). Zunächst wird in einer Vorstudie (**grün**) mit Hilfe eines Fragebogens das Vorhandensein der aus der Literatur bekannten Vorstellungen zur evolutionären Anpassung von Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) erhoben. Diese Vorstudie untersucht die Fragestellung:

F1. Welche Vorstellungen zur evolutionären Anpassung bei Pflanzen und Tieren, basierend auf den von Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) beschriebenen Denkfiguren, lassen sich bei SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 wiederfinden?

Die Erkenntnisse der Vorstudie werden genutzt, um die darauf folgende qualitative Interviewstudie (**blau**) zu planen und durchzuführen. Mit Hilfe der Interviewmethode werden in der Hauptstudie die Schülervorstellungen zur Anpassung untersucht. Dabei werden die Konsistenz und Differenziertheit der Antworten in Abhängigkeit vom Beispiel genauer betrachtet. Die Konsistenz soll Aufschluss über die wiederholte Anwendung einer Vorstellung bei unterschiedlichen Beispielen geben. Die Differenziertheit soll in diesem Fall zeigen, ob eine Vorstellung viele oder wenige Facetten aufweist.

Die folgenden Fragestellungen wurden in der Hauptstudie erforscht:

F2. Welche Assoziationen haben die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zum Begriff „Anpassung“?

F3. Welche Vorstellungen haben SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 von der evolutionären Anpassung bei Pflanzen und Tieren?

F4. Wie unterscheiden sich die Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung bei bekannten und unbekannt Beispielen?

F5. Wie unterscheiden sich die Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung bei botanischen und zoologischen Beispielen?

Die Fragestellungen F2 und F3 dienen der Erfassung der Lernerperspektive im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al 1997) und der Weiterentwicklung fachdidaktischer Theorien. Desweiteren dienen die Fragestellungen F4 und F5 der Spezifizierung und Strukturierung von

Lerngegenständen im Sinne der didaktischen Strukturierung und in Anlehnung an die fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger et al. 2012).

Die Ergebnisse werden genutzt, um Ansatzpunkte für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zur evolutionären Anpassung abzuleiten:

F6. Welche inhaltlichen, didaktischen und methodischen Ansatzpunkte lassen sich auf der Grundlage der Schüleraussagen für die Strukturierung von Lernangeboten ableiten?

Anhand der ermittelten Ansatzpunkte wird ein konkretes Lernangebot konzipiert. Dieses für den botanischen Garten entwickelte Lernangebot wird zum Abschluss der Arbeit in Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung beforscht und weiterentwickelt (**orange**).

F7. Werden durch das Lernangebot Diskussionen im Sinne des *Conceptual Change* angeregt?

F8. Welche Vorstellungen äußern die SchülerInnen vor, während und nach der Durchführung des Lernangebotes zur evolutionären Anpassung?

F9. Inwieweit eignet sich das Lernangebot, um eine Veränderung der Fehlvorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen zu erreichen?

Die Evaluation des Lernangebotes wird mit Hilfe eines Prä-Post-Tests zur Erhebung der Schülervorstellungen und einer teilnehmenden Beobachtung durchgeführt.

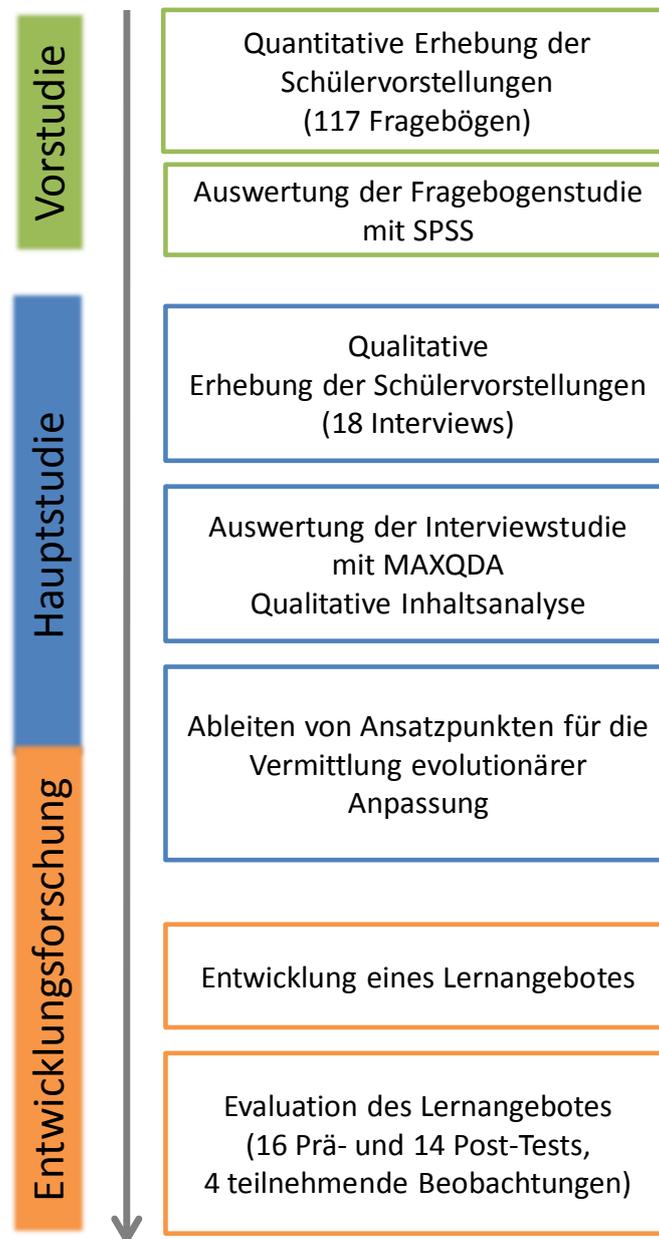


Abbildung 3: Forschungsdesign der Untersuchung. Die Arbeit gliedert sich in drei Bereiche, die farblich voneinander getrennt werden. **Grün:** quantitative Fragebogenstudie – Vorstudie; **blau:** qualitative Interviewstudie – Hauptstudie; **orange:** Entwicklung und Evaluation des Lernangebotes.

6 MATERIAL UND METHODEN

Das Forschungsdesign zeigt, dass in dieser Untersuchung mit vier unterschiedlichen Methoden die Vorstellungen der SchülerInnen erforscht wurden, um sie nachfolgend zu analysieren. Der Einsatz von „Mixed Methods“ oder Triangulation ermöglicht die Analyse der Vorstellungen aus vielfältigen Perspektiven (Kuckartz 2012) und gewährleistet somit eine hohe Reliabilität der Ergebnisse (Petri 2014). Als Erstes wurde eine quantitative Fragebogenvorstudie durchgeführt, deren Ergebnisse als Grundlage zur Entwicklung des Interviewleitfadens dienten. Im Weiteren wurden in der qualitativen Hauptstudie die Vorstellungen der SchülerInnen mit Hilfe eines problemzentrierten Interviews erhoben. Die Ergebnisse führten zur Entwicklung eines Lernangebotes, welches abschließend mit den Methoden der teilnehmenden Beobachtung und der schriftlichen Erhebung durch offene Antwortformate mittels eines Prä-Post-Tests evaluiert wurde.

Im Folgenden wurden alle vier Methoden, deren Einsatz und die Entwicklung des Lernangebotes beschrieben.

6.1 Vorstudie

Die Vorstudie verfolgte das Ziel, die Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung zu erheben, um einerseits den Stand der Schülervorstellungen in der Jahrgangsstufe 7 zu ermitteln und andererseits die gewonnenen Erkenntnisse für die Planung und Durchführung der qualitativen Hauptstudie zu nutzen.

Der Fragebogen bestand aus vier unterschiedlichen Szenarien (V1-V4) zur Entwicklung von Merkmalsausprägungen mit je fünf Antwortmöglichkeiten (Anhang 11.2). Die vier Szenarien beinhalteten sowohl zoologische als auch botanische Beispiele:

V1: Entwicklung der Fangblätter der Venusfliegenfallen

V2: Entwicklung der Schnäbel der Finken

V3: Entwicklung der Dornen der Kakteen

V4: Entwicklung des langen Halses der Giraffen

Das *zoologische* Szenarium V4 wurde anhand vorangegangener Untersuchungen zur Erhebung der Schülervorstellungen abgeleitet (Baalman et al. 2004, Johannsen & Krüger 2005). Das zweite zoologische Szenarium basiert auf dem in Schulbüchern häufig verwendeten Beispiel der Darwinfinken (z.B. Weber 2005, S. 248; Behrens et al. 2012, S. 64). Die beiden botanischen Szenarien (V1 und V3) beinhalten Beispiele, die den SchülerInnen aus dem Alltag bekannt sind (persönliches Gespräch Herr Dr. Martin de Jong, Leiter der Grünen Schule Gießen). Weiterhin wurde das Szenario V1 in ähnlicher Form in der quantitativen Erhebung der Vorstellungen zur Evolution von Johannsen und Krüger (2005) verwendet.

Zu Beginn wurde jedes Szenario beschrieben (siehe Fragebogen 11.2). Jede Beschreibung endete mit einer Frage, ähnlich der Folgenden: *Wie kam es zu dieser Entwicklung der Merkmalsausprägung?*

Bei der Konzeption der Items wurde auf die nach Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) definierten Vorstellungen der OberstufenschülerInnen zur evolutionären Anpassung zurückgegriffen. Folglich repräsentierten vier der fünf Antwortmöglichkeiten jeweils eine der vier Denkfiguren der beiden genannten Untersuchungen. *Denkfigur 1* beinhaltete die absichtsvolle und zielgerichtete Anpassung, *Denkfigur 2* eine automatische und notwendige Anpassung, *Denkfigur 3* eine zielgerichtete genetische Veränderung zum Zweck der Anpassung und *Denkfigur 4* die Zufälligkeit der Anpassung durch Unterschiedlichkeit und Auslese. Für SchülerInnen, die sich für keine der vier Antwortalternativen entscheiden konnten, wurde „weiß nicht“ als fünfte Antwortmöglichkeit zur Verfügung gestellt (Anhang 11.2).

Neben den Schülervorstellungen wurden zu Beginn des Fragebogens die soziodemografischen Daten, wie das Alter, das Geschlecht und die Klasse, erhoben.

Insgesamt wurde der Fragebogen von 117 SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 der Liebigschule in Gießen ausgefüllt. Es handelte sich dabei um eine Vollerhebung aller siebten Klassen dieses Gymnasiums im November 2012.

Die deskriptive Auswertung der Fragebogenvorstudie wurde mit Hilfe des Statistikprogramms IBM SPSS Statistics 20 durchgeführt.

6.2 Hauptstudie

In der Hauptstudie wurden die Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung qualitativ untersucht. Die Interviewmethode des *halbstrukturierten Leitfaden-Interviews* diente der Erhebung der Schülervorstellungen (Mayring 2002, Flick 2002). Es wurden offene Fragen formuliert, und die Reihenfolge der Fragen konnte in Abhängigkeit vom Interviewverlauf variabel sein (Helfferich 2011, Mayring 2002). Nach Mayring (2002) wird die durchgeführte Form des Interviews auch als *Problemzentriertes Interview* oder *Fokussiertes Interview* bezeichnet.

Die erhobenen Daten der Interviews wurden anschließend mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2002) aufbereitet und ausgewertet. Der Grundgedanke der qualitativen Inhaltsanalyse ist die systematische Analyse von Textmaterialien basierend auf einem Kategoriensystem (Mayring 2002).

Die Entwicklung des Interviewleitfadens, die Aufbereitung des Materials und die systematische Analyse werden im Folgenden näher beschrieben.

6.2.1 Konzeption des Interviewleitfadens

Die Methode des *halbstrukturierten Leitfaden-Interviews* forderte zunächst die Entwicklung des Interviewleitfadens (Mayring 2002). Dieser wurde in Anlehnung an die Anforderungen und Prinzipien von Helfferich (2011) entwickelt. Die Erkenntnisse der Vorstudie führten dazu, dass die gewählten Beispiele nach *botanischen* und *zoologischen* sowie *bekannten* und *unbekannten* Beispielen sortiert wurden. Die Interviewstruktur gliederte sich in Anlehnung an Reinders (2005) in drei Phasen: Das Warm-up, den Hauptteil und den Ausklang (Anhang 11.3, Interviewleitfaden).

Das Warm-up zu Beginn jedes Interviews ermöglichte den Interviewpartnern, sich in die Interviewsituation hineinzufinden (Reinders 2005). Als Überleitung vom Warm-Up zum Hauptteil wurden die Assoziationen der SchülerInnen zum Begriff Anpassung erhoben, indem sie danach gefragt wurden, was sie mit dem Begriff „Anpassung“ verbinden. Der Schüler bzw. die Schülerin sollte demnach seine bzw. ihre individuelle Alltagsvorstellung vom Begriff „Anpassung“ beschreiben.

Der Hauptteil dieses *Leitfaden-Interviews* ließ sich durch die verwendeten Beispiele in fünf Teile gliedern (Abbildung 4). Er begann mit dem für die SchülerInnen *bekannten* Beispiel der „Fische“. Dieses Beispiel wurde als *bekannt* eingestuft, da die SchülerInnen laut Lehrplan bereits in der 5. Klasse die Angepasstheit der Fische behandelt haben sollten (Hessisches Kultusministerium 2010). Anhand dieses Beispiels wurden die Vorstellungen der SchülerInnen zu verschiedenen Merkmalsausprägungen, wie der Stromlinienförmigkeit, den Kiemen etc. analysiert. Hierbei wurde erforscht, inwieweit die SchülerInnen die Merkmalsausprägungen als Angepasstheiten verstehen. Zwei Abbildungen von Buntbarschen (Anhang 11.3, Interviewleitfaden) wurden den SchülerInnen

vorgelegt, um das Beantworten der Frage nach der Angepasstheit zu vereinfachen und die Form der Fische zu veranschaulichen.

Im nächsten Schritt durften die SchülerInnen wählen, in welcher Reihenfolge sie mit den Beispielen „Maulwurf“ und „Kaktus“ weiterarbeiten wollten. Ziel war es, herauszufinden, welches Beispiel sie zu Beginn bevorzugen. Zu beiden Beispielen erhielten die SchülerInnen Abbildungen (Anhang 11.3) und zunächst die Aufgabenstellung: „*Erkläre mir, inwieweit Kakteen/ Maulwürfe angepasst sind*“ (Anhang 11.3, Interviewleitfaden). Diese beiden Organismen sind den SchülerInnen *bekannte* Beispiele, da sie häufig in Schulbüchern aufgegriffen werden (z.B. Dobers et al. 2007, S. 125 und S. 169; Dobers et al. 2010, S. 31 und S. 367; Behrens et al. 2012, S. 54; Hausfeld & Schulenberg 2013, S. 48) und gängige Beispiele in der Unterrichtspraxis sind (Verwendung der Beispiele bei unterschiedlichen Unterrichtsvorschlägen: z.B. Grotjohan 2003, Brunz 2001; persönliches Gespräch mit dem 2. Konrektor Nils Krautwald). Weiterhin bestätigte sich die Bekanntheit durch die Aussagen der SchülerInnen in den durchgeführten Interviews.

Alle SchülerInnen bearbeiteten im Interview beide Beispiele zur Angepasstheit der Arten und nachfolgend zur Entwicklung mindestens einer Merkmalsausprägung im evolutiven Sinne (Anpassung). Im Folgenden sollten die SchülerInnen ihre Vorstellung der zeitlichen Dimension der Anpassung beschreiben und abschließend erklären, ob sich die Individuen einer Art (Europäischer Maulwurf oder Goldkugelkaktus) unterscheiden. Die letzte Frage dient zur Einordnung der Schülervorstellungen in typologisches Denken oder Populationsdenken (Graf & Hamdorf 2011). Dieselben vier Fragen zur Angepasstheit, Anpassung, zeitlichen Dimension und Variation der Individuen einer Art wurden mit Hilfe des nachfolgenden Beispiels „Edelweiß“ erarbeitet (Anhang 11.3, Interviewleitfaden).

Als Überleitung von den *bekannten* Beispielen „Maulwurf“ und „Kaktus“ erhielten die SchülerInnen vor der Befragung zum Edelweiß eine Abbildung von Pflanzen im Hochgebirge (Anhang 11.3). Die SchülerInnen sollten das Aussehen der Pflanzen und dessen Besonderheiten beschreiben, um den Lebensraum des Edelweißes kennenzulernen. Ausgehend von den Beschreibungen der Pflanzen im Hochgebirge wurden die Angepasstheit des Edelweiß und die Entwicklung von Merkmalsausprägungen, z.B. den Haaren an den Blättern, erhoben. Das Edelweiß-Beispiel ist ein den SchülerInnen *unbekanntes botanisches* Beispiel, da es nicht Bestandteil des Alltagslebens der SchülerInnen ist. Dies bestätigten die Aussagen der SchülerInnen im Interview.

Im Anschluss an das Beispiel „Edelweiß“ wurde die Entwicklung des langen Halses der Giraffen, ausgehend von den kurzen Hälsen ihrer Vorfahren, erfragt. Bei dem Giraffen-Beispiel handelte es sich um ein für die SchülerInnen *bekanntes zoologisches* Beispiel. Die SchülerInnen kennen Giraffen aus dem Zoo oder aus Büchern (persönliche Gespräche mit den SchülerInnen in der Vorstudie). Die SchülerInnen erhielten hierzu keine Abbildung. Weiterhin unterschied sich dieses Beispiel in der Formulierung der Aufgabenstellung von den vorherigen Beispielen, denn die Merkmalsstruktur des

langen Halses wurde genannt und eine Ausgangssituation vorgegeben (Anhang 11.3, Interviewleitfaden). Diese Frage wurde nach Weitzel (2006) formuliert. Er nutzte diese Formulierung in seiner Studie zur Erhebung der Vorstellungen von OberstufenschülerInnen zur Anpassung.

Abgeschlossen wurde der Hauptteil mit dem Beispiel der Agamen. Die SchülerInnen erhielten mehrere kleinere Abbildungen von Individuen zweier Agamenarten, welche zwei Populationen darstellten. Die Agamenarten unterschieden sich vor allem in der Farbe ihrer Schuppen. Zudem erhielten sie zwei Abbildungen von zwei verschiedenen Lebensräumen. Eine der Abbildung zeigte den Lebensraum „Regenwald“ und die andere den Lebensraum „Wüste“. Die SchülerInnen sollten im ersten Schritt die Agamenarten den Lebensräumen Wüste und Regenwald zuordnen und diese Zuordnung begründen. Anschließend sollten sie die Entwicklung der unterschiedlichen Farben der Schuppen erläutern. Den SchülerInnen wurde hierzu der Hinweis gegeben, dass die Entwicklung ausgehend von einem gemeinsamen Vorfahren stattfand (Anhang 11.3, Interviewleitfaden). Die Angepasstheit und die Anpassung wurden anhand eines den SchülerInnen *unbekannten zoologischen* Beispiels erhoben (persönliches Gespräch mit den SchülerInnen der Hauptstudie). Zusätzlich zu diesen beiden Aspekten wurde, wie bei allen anderen Beispielen, die Vorstellung zur zeitlichen Dimension der Entwicklung erfragt.

In der letzten Phase des Interviews wurden offene Fragen der SchülerInnen beantwortet.

Der Interviewleitfaden wurde nach Mayring (2002) in einer Pilotphase zunächst mit unterschiedlichen Personen getestet. Die Erkenntnisse der Probeinterviews dienten der Weiterentwicklung des Interviewleitfadens und der Optimierung der Interviewführung (Mayring 2002). In der darauffolgenden Durchführungsphase wurden die Interviews geführt, mittels eines Aufnahmegerätes dokumentiert und abschließend für die Auswertung transkribiert und anonymisiert (Kuckartz 2012).



Abbildung 4: Schematische Darstellung des Interviewleitfadens. Die blauen Kästen geben die Struktur des Interviews vor. Es werden der jeweilige Inhalt und das Beispiel der Hauptteile sowie die verwendete Abbildung dargestellt.

6.2.2 Stichprobe

Insgesamt wurden 18 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7 der Liebigsschule in Gießen interviewt. Es handelte sich um zehn männliche und acht weibliche Probanden einer Klasse. Die

Interviews wurden an fünf Tagen vom 28.09.2012 bis 09.11.2012 (freitags 1./ 2. Stunde) in einem separaten Raum außerhalb des eigentlichen Klassenzimmers geführt.

Die SchülerInnen hatten zuvor keine Themen der Evolution im Biologieunterricht behandelt: „Grundlage ist der normale Biologieunterricht bis zur 7. Klasse“ (persönliches Gespräch mit dem Lehrer der SchülerInnen – Herrn Dr. Schott), in dem explizit keine Evolution vermittelt wird.

6.2.3 Transkription

Die Audiodateien wurden basierend auf der Verschriftungsform „literarische Umschrift“ transkribiert (Mayring 2002, Reinders 2005). Außerdem wurden vor der Transkription Notationsregeln (Tabelle 2) festgelegt.

Tabelle 2: Notationsregeln.

Notation	Bedeutung, Beispiel
`	Darstellung eines nicht beendeten Wortes z.B.: Da ha`, also wollte ich...
(.)	Kurze Sprechpause, z.B. Ich (.) bin mir nicht sicher.
(-) (--) (---)	Längere Sprechpausen: ein Strich ca. eine Sekunde
(4)	Wenn Sprechpause länger als 3 Sekunden, dann Anzahl der Sekunden in Klammern.
(gähnen)	Charakterisierung parasprachlicher Vorgänge oder Handlungen in runden Klammern.
[Kommentar]	Kommentar des Transkribierenden, interpretierender Kommentar, Zusatzinformationen. Z.B. S1: (lacht) [ironisch] Ja, klar.
[unverständl.; 2,5sek.]	Unverständlicher Teil des Transkriptes. Z.B. Ich [unverständl. 1sek] Zuhause nachschauen.
(?)	Unsicherheit beim Transkribieren eines Wortes oder Satzes.

6.2.4 Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Auswertung der Daten erfolgte mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2002, Kuckartz 2012) mit Hilfe von MAXQDA 11 Release 11.0.6.

Die qualitative Auswertung verlief nach dem generellen Ablaufschema von Kuckartz (2012), wobei die Alltagsvorstellungen von Anpassung (Assoziationen der SchülerInnen) getrennt von den

Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung anhand der sechs Beispiele analysiert wurden. Grund hierfür ist der sich unterscheidende Inhalt der Interviewfragen zur Assoziation mit dem Begriff „Anpassung“ im Allgemeinen und den konkreten Vorstellungen zur evolutionären Anpassung anhand der unterschiedlichen Beispiele.

6.2.4.1 Inhaltsanalytischer Prozess

Der Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse nach dem generellen Ablaufschema von Kuckartz (2012) basiert auf der klassischen qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (2002) (Abbildung 5).

Zunächst wurde für jeden Probanden eine sogenannte fallbezogene Zusammenfassung erstellt. In paraphrasierter Form wurden je die Assoziationen mit dem Begriff „Anpassung“ und die Vorstellungen in Bezug zu den jeweiligen Beispielen zusammengefasst (Anhang 11.4, fallbezogene thematische Zusammenfassung). Es handelt sich um das Redigieren und Ordnen der Aussagen nach Mayring (2002).

Im nächsten Schritt fand die Kategorienbildung sowohl induktiv als auch deduktiv statt. Für die Inhaltsanalyse der Assoziationen zum Begriff Anpassung wurde induktiv ein Kategoriensystem nach Mayring (2002) entwickelt, mit dessen Hilfe die Aussagen der SchülerInnen codiert wurden (Anhang 11.5).

Für die Inhaltsanalyse der Vorstellungen zur evolutionären Anpassung gab der Interviewleitfaden bereits eine inhaltliche Struktur vor, anhand derer zunächst deduktiv Kategorien gebildet wurden (Anhang 11.6 Kategoriensystem II – Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung). Nach der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Kuckartz 2012) handelt es sich dabei um sogenannte Hauptkategorien. Diese Hauptkategorien wurden wiederum in Kategorien unterteilt, welche induktiv nach dem Ablaufmodell von Mayring (2002) am Material gebildet wurden.

Die Kategorien wurden anhand der Schüleraussagen und nicht anhand wissenschaftlich korrekter Vorstellungen gebildet, damit diese ausschließlich die Vorstellungen der SchülerInnen repräsentieren (Krüger & Riemeier 2014).

Die Absicherung der Kategorien und die Überprüfung der internen Studiengültigkeit (Zuverlässigkeit, Glaubwürdigkeit und Verlässlichkeit) wurden nach Kuckartz (2012, S. 167) durchgeführt. Das Vorhandensein der Kategorien bei mehreren befragten SchülerInnen gewährleistet die Reliabilität der Kategorien dieser Untersuchung (Krüger & Riemeier 2014). Mit Hilfe des fixierten Kategoriensystems (Kapitel 7.2.2) wurden die Schüleraussagen zu den verschiedenen Beispielen nachfolgend codiert und analysiert.

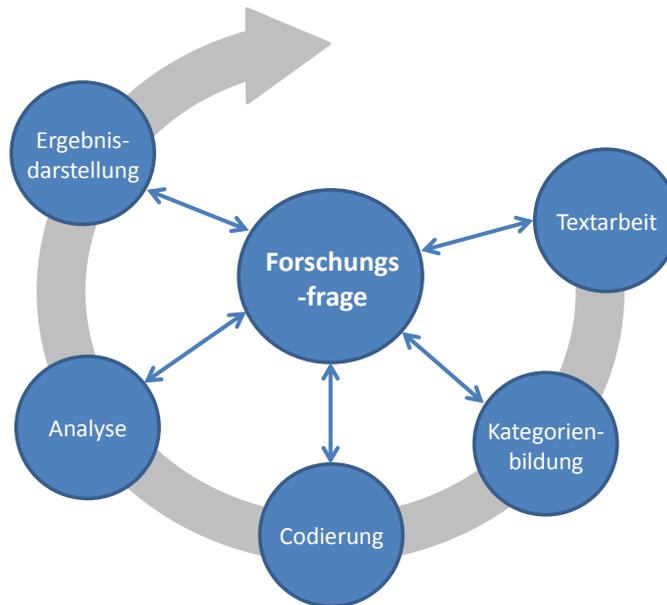


Abbildung 5: Generelles Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse (nach Kuckartz 2012, S. 50).

6.2.4.2 Codierung

Die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2002) und Kuckartz (2012) erlaubt es, innerhalb einer Textstelle mehrere Hauptkategorien und Kategorien zu codieren. Folglich wurden Textabschnitte teilweise mehrmals mit unterschiedlichen Kategorien codiert. Grundsätzlich wurden beim Codieren die Codierregeln von Kuckartz (2012, S. 82) eingehalten.

Das Prinzip des konsensuellen Codierens (Kuckartz 2012) wurde angewendet, und dementsprechend wurden sechs zufällig ausgewählte Transkripte von drei weiteren Personen codiert.

Die Codierung beinhaltet ausschließlich die Codierung der Textsegmente zu den Assoziationen zur Anpassung und die Vorstellungen zu den unterschiedlichen Beispielen (Hauptteil I-V). Das Warm-up, die Überleitungen und der Abschluss wurden nicht codiert. Grund hierfür ist, dass diese Aussagen der SchülerInnen für die Analyse in Hinblick auf die Fragestellungen dieser Arbeit nicht relevant sind.

6.2.4.3 Analyse

Die 18 Interviews wurden mit Hilfe von MAXQDA kategorienbasiert ausgewertet (Kuckartz 2012, S. 94). Dazu wurden die deskriptiven Häufigkeiten der Aussagen aller SchülerInnen zu den einzelnen Kategorien betrachtet.

Die Analyse der Zusammenhänge der Kategorien innerhalb einer Hauptkategorie, sowie die Analyse der Zusammenhänge der Kategorien zwischen den Hauptkategorien erfolgten mit Hilfe des *Code-Matrix-Browsers* und des *Code-Relation-Browsers*. Hierbei wurden die Zusammenhänge der Kategorien mit Hilfe der direkten Überschneidung der Codings analysiert.

Die Assoziationen mit dem Begriff „Anpassung“ wurden ebenfalls deskriptiv und kategorienbasiert ausgewertet.

Abschließend wurden Einzelfallanalysen nach Mayring (2002) und Kuckartz (2012) mit sieben ausgewählten SchülerInnen (S1, S7, S10, S11, SIn1, SIn5 und SIn8) durchgeführt. Diese sieben SchülerInnen wurden ausgewählt, weil sie zusammen die ganze Bandbreite der vorhandenen Teilvorstellungen repräsentieren, die insgesamt bei allen untersuchten SchülerInnen gefunden wurden. Sie zeigen die Charakteristiken der Vorstellungen aller interviewten SchülerInnen in Bezug auf die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit (Anhang 11.4, Fallbezogene thematische Zusammenfassungen und Anhang 11.7, Vergleich der Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess).

Die Einzelfallanalysen richten sich nach den Fragestellungen der Arbeit (Mayring 2002) und beinhalten folglich die Analyse der Assoziationen des Begriffs „Anpassung“ (F2) sowie die der Vorstellungen zur evolutionären Anpassung in Abhängigkeit des Beispiels (F3-F5).

Die Inhaltsanalyse wurde mit dem Ableiten von Ansatzpunkten für Lernangebote, bezogen auf die Analyse aller Probanden und die analysierten Probanden der Einzelfallanalyse, abgeschlossen.

6.2.4.4 Gütekriterien

Die interne Studiengültigkeit wurden nach Kuckartz (2012, S. 167) überprüft und somit der inhaltsanalytische Prozess abgesichert. Die externe Studiengültigkeit wurde nach Kuckartz (2012) durch das „peer debriefing“ in der Phase der Kategorienbildung und dem Einsatz verschiedener Methoden („Mixed Methods“) zur Untersuchung der Vorstellungen gewährleistet.

Das Prinzip des konsensuellen Codierens sicherte die Qualität des Codierens und verbesserte die Zuverlässigkeit dieses Prozesses (Kuckartz 2012).

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass das qualitative Instrument und die inhaltsanalytische Auswertung der vorliegenden Untersuchung hinreichend hohe Gütekriterien aufweisen (Mayring 2002, Kuckartz 2012).

6.3 Entwicklung und Evaluation des Lernangebotes

Die Ergebnisse der Hauptstudie waren Grundlage der Entwicklung eines Lernangebotes zur Vermittlung „evolutionärer Anpassung“. Die erhobenen Vorstellungen wurden genutzt, um auf der Grundlage der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell (Prediger et al. 2012) und einer integrierten didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997) das Lernangebot zu entwickeln (Abbildung 6).

Zunächst wurde der Lerngegenstand mit Hilfe der Ergebnisse der Interviewstudie didaktisch strukturiert (Kapitel 7.2). Folglich wurden die erhobenen Vorstellungen zum Spezifizieren und Strukturieren des Lerngegenstandes eingesetzt (Abbildung 6). Dies berücksichtigend, wurden für das Lernangebot bestimmte inhaltliche und didaktische Ansatzpunkte ausgewählt (Kapitel 7.2.4). Weiterhin wurden vorhandene *lokale* Theorien (Kapitel 7.3.2) bei der Entwicklung mit einbezogen.

In der Entwicklungsphase wurden konkrete Aktivitäten, Lehr- und Lernmittel sowie Methoden für das Lernangebot herausgearbeitet (Abbildung 6, Lernangebot (weiter)entwickeln). Dies führte zur Auswahl bestimmter methodischer Ansatzpunkte aus der Hauptstudie für dieses Lernangebot (Kapitel 7.2.4). Es entstand ein Simulationsspiel zur „Entwicklung der Mammutbaumrinde“ (Kapitel 7.3). Hierbei wird der Einfluss von Umweltfaktoren auf eine Mammutbaumpopulation simuliert. Es zeigt den Lernenden den Überlebensvorteil einiger Varianten innerhalb einer Population und dient als Einstieg in das Thema „evolutionäre Anpassung“. Es soll die SchülerInnen anregen, ihre Vorstellungen zu reflektieren und zu hinterfragen.

Das Simulationsspiel wurde im botanischen Garten Gießen mehrmals erprobt und weiterentwickelt (Abbildung 6). Dies geschah in Anlehnung an die Phase der „Weiterentwicklung des Lernarrangements“ der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger et al. 2012). Abschließend wurde das Lernangebot exemplarisch mit einer 7. Klasse durchgeführt. Eingebettet in ein Modul zur „Anpassung und Angepasstheit bei Pflanzen“ nahmen insgesamt 16 SchülerInnen an der Erprobung teil.

Die exemplarische Durchführung des Lernangebotes wurde mittels Prä-Post-Tests mit freiem Antwortformat und in Anlehnung an die fachdidaktischen Entwicklungsforschung mit einem qualitativen Instrument, der teilnehmenden Beobachtung, evaluiert. Es handelt sich um eine summative Evaluation nach Munro et al. (2009), deren Planung und Durchführung im Folgenden näher beschrieben werden.

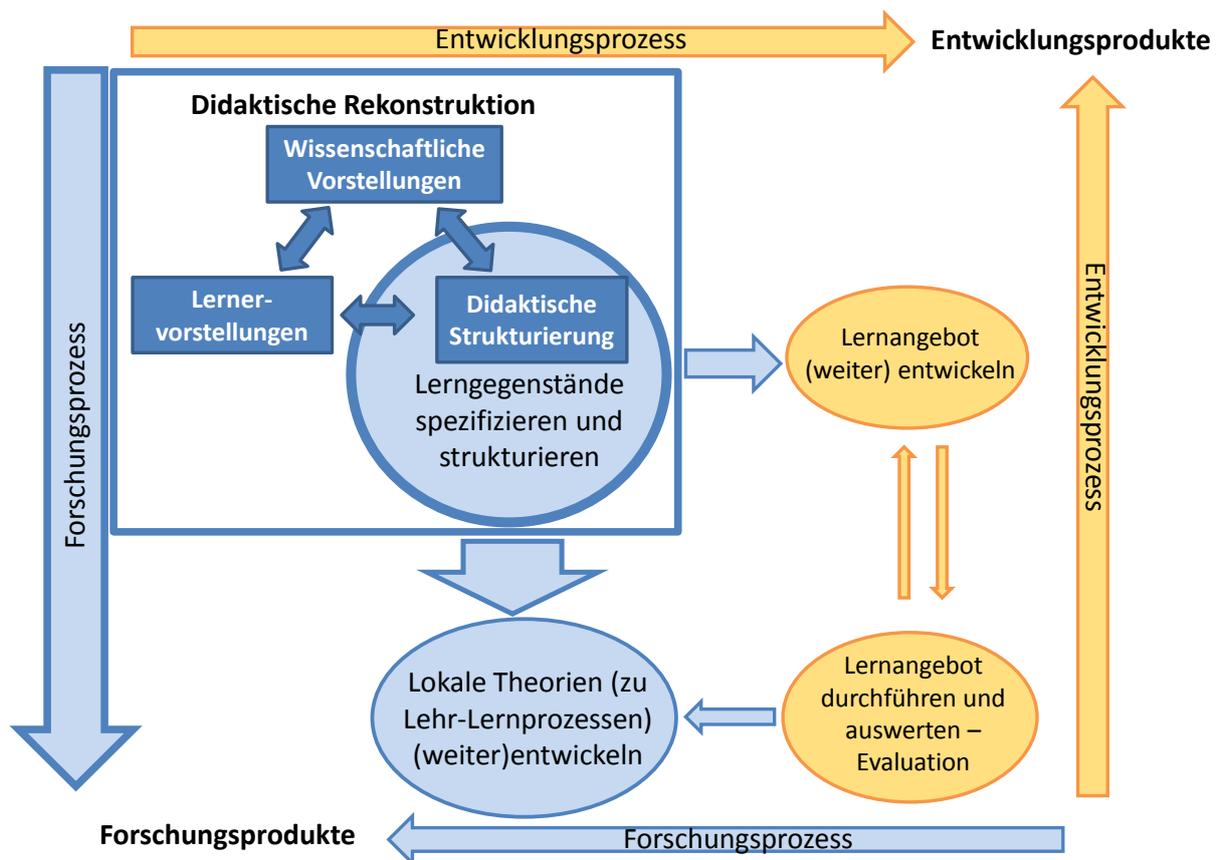


Abbildung 6: Entwicklung des Lernangebotes zur „Entwicklung von Merkmalsausprägungen“ auf Grundlage der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell nach Prediger et al. (2012) und integrierter didaktischer Rekonstruktion. Die didaktische Rekonstruktion stellt den Hauptteil der vorliegenden Arbeit dar, dementsprechend spiegeln die Stärke der Formkontur und die Breite der Pfeile die Bedeutung der jeweiligen Aspekte innerhalb dieser Arbeit wider. In orange dargestellt ist der Entwicklungsprozess des Lernangebotes, und in blau wird der Forschungsprozess präsentiert.

6.3.1 Prä-Post-Test zur Erhebung der Schülervorstellungen

Die schriftliche Befragung (Prä-Post-Test) durch Kurzaufsatzaufgaben mit freiem Antwortformat diente der Erhebung der Schülervorstellungen vor und nach der Intervention. Jeder Schüler und jede Schülerin verfasste vor dem Simulationsspiel in Einzelarbeit seine bzw. ihre Vorstellung zur Weiterentwicklung der Mammutbaumpopulation (Anhang 11.9.5). Dazu wurden die SchülerInnen aufgefordert, ihre Vermutungen inkl. Begründung über den Verlauf der Simulation aufzuschreiben. Die offenen Aufgaben ermöglichten den SchülerInnen, ihre Denk- und Argumentationsweisen aufzuzeigen (Hammann & Jördens 2014). Außerdem wurde ein Code für die Zuordnung der Prä-Tests zu den jeweils dazugehörigen Post-Tests generiert. Nach der Durchführung des Simulationsspiels wurden die Schülervorstellung mittels eines Post-Tests erneut durch Kurzaufsatzaufgaben mit freiem Antwortformat erhoben (Anhang 11.9.5).

Die offenen Antworten wurden in Anlehnung an Hammann und Jördens (2014) auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse untersucht. Das Kategoriensystem II der qualitativen Interviewstudie (Anhang 11.6) lag der Codierung der Antworten zugrunde. Während der Textarbeit wurde induktiv eine weitere Kategorie definiert. Die Kategorienbildung wurde, ebenso wie die der Interviewstudie (Kapitel 6.2.4), nach Mayring (2002) durchgeführt. Der Codierung folgten die kategorienbasierte Auswertung der Schülerantworten beider Tests nach Kuckartz (2010) und der Vergleich der Ergebnisse des Prä- und Post-Tests.

6.3.2 Teilnehmende Beobachtung mit Videografie

„Die teilnehmende Beobachtung ist eine Standardmethode der Feldforschung“ (Mayring 2002, S.80). Sie wurde in dieser Studie verwendet, um das Verhalten der SchülerInnen während des Lernangebotes im botanischen Garten zu untersuchen. Die Methode der teilnehmenden Beobachtung stammt aus der Ethnologie und der Kulturanthropologie, wo sie mit Erfolg eingesetzt wird, um beispielsweise das Verhalten von Tieren in bestimmten Lebenssituationen zu verstehen oder fremde Kulturen und Völker zu erforschen. In den Sozialwissenschaften wird die Methode der Beobachtung zur Untersuchung des individuellen und kollektiven sozialen Handelns und Verhaltens verwendet (Lamnek 2005). In der Museumspädagogik dient die Beobachtung der Evaluation von Ausstellungen und somit der Analyse des Besucherverhaltens und der Auswirkung einer Ausstellung auf die Besucher (Munro et al. 2009). Ein wichtiges Kennzeichen der teilnehmenden Beobachtung ist der Einsatz der Methode in der natürlichen Lebenswelt der Probanden (Mayring 2002, Lamnek 2005, Przyborski & Wohlrab-Sahr 2008). Dies ermöglichte in der vorliegenden Arbeit die Beobachtung der SchülerInnen während der Durchführung des Simulationsspiels.

Bei der teilnehmenden Beobachtung in dieser Untersuchung handelte es sich um eine sogenannte offene Beobachtung. Diese Beobachtung wurde nach Lamnek (2005) durchgeführt, und die beobachteten Personen wurden über die Beobachtung in Kenntnis gesetzt. Insgesamt vier Gruppen (Gruppe A-D) mit je vier SchülerInnen (SchülerIn 1-4) führten das Simulationsspiel durch und wurden von jeweils einer Person beobachtet. Da die Beobachter durch die Offenheit der Beobachtung Teil des sozialen Umfeldes der beobachteten SchülerInnen wurden, jedoch nicht an dem Simulationsspiel teilnahmen, handelt es sich nach Atteslander (2003) um eine teilnehmende Beobachtung im weiteren Sinne. Jeder Beobachter durfte ausschließlich auf die Fragen der beobachteten Schülergruppe zum Ablauf der Simulation antworten, folglich hatte die teilnehmende Beobachtung dieser Untersuchung einen niedrigen Partizipationsgrad (Atteslander 2003).

Es handelte sich weiterhin um eine unstrukturierte Beobachtung (Munro et al. 2009), da ausschließlich ein vorgefertigter Beobachtungsbogen (Anhang 11.9.6) allgemeine Richtlinien für die

Beobachtung vorgab und zuvor keine Kriterien der Beobachtung festgelegt wurden (Lamnek 2005). Dies ermöglichte ein kurzfristiges Anpassen der Beobachtung an die Umstände (Atteslander 2003).

Mit Hilfe des Beobachtungsbogens (Anhang 11.9.6), welcher auf Grundlage von Przyborski und Wohlrab-Sahr (2008) erstellt wurde, erfassten die vier Beobachter jeweils das Vorgehen der SchülerInnen innerhalb einer Gruppe. Weiterhin wurden im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung die Diskussionen und die Schwierigkeiten, die während der Simulation auftraten, erfasst.

Die Abschlussdiskussion zum Simulationsspiel fand in der Großgruppe mit allen 16 SchülerInnen in der Hermann-Hoffmann-Akademie statt und wurde mit demselben Beobachtungsbogen teilnehmend beobachtet.

Die Auswertung der Beobachtungsbögen fand auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse nach Flick (2002) statt. Zunächst wurde eine zusammenfassende Inhaltsanalyse der einzelnen Beobachtungen erstellt. Es folgte eine strukturierende Inhaltsanalyse, welche durch die formulierten Lernziele des Lernangebotes strukturiert wurde.

Die Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung dieser Untersuchung wurden abschließend in Zusammenhang mit dem Spielbogen und den Ergebnissen des Prä-Post-Tests analysiert. Nach Flick (2002) ist ein wesentliches Kennzeichen der teilnehmenden Beobachtung die Verwendung direkter Beobachtungen gekoppelt mit anderen Methoden, welche gemeinsam der Informationsgewinnung und der Erforschung der Interaktionen von Personen in besonderen Situationen dienen.

Die Kleingruppen wurden während des Simulationsspiels videografiert dies ermöglicht die Validierung der Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung. Da von zwei Eltern der SchülerInnen keine Einverständniserklärung zur Videoaufzeichnung vorlag, wurde Gruppe D nicht videografiert.

Mit Hilfe der teilnehmenden Beobachtung wurde überprüft, inwieweit die SchülerInnen ihre Vorstellungen mit anderen diskutieren und diese während der Simulation hinterfragen. In Zusammenhang mit den Ergebnissen des Spielbogens und den Ergebnissen des Prä-Post-Tests wurden die formulierten Ziele des Lernangebotes und die aus der Interviewstudie abgeleiteten Ansatzpunkte überprüft. Folglich wurden in Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung *lokale* Theorien überprüft und weiterentwickelt.

7 ERGEBNISSE

7.1 Ergebnisse der Vorstudie

Der Fragebogen wurde von 117 SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 der Liebigsschule in Gießen ausgefüllt. Von den Probanden waren 36,8% männlich und 63,2% weiblich. Das Alter lag zwischen elf und 14 Jahren, wobei zum Zeitpunkt der Befragung 70,3% ein Alter von zwölf Jahren erreicht hatten.

Die deskriptive Auswertung der vier Szenarien zur Erhebung der Vorstellungen der SchülerInnen zur evolutiven Anpassung zeigt, dass sich die verschiedenen Denkfiguren von Baalman et al. (2004) sowie Weitzel und Gropengießer (2009) in allen Szenarien (V1-V4) wiederfinden. Insgesamt wurde 94 Mal *Denkfigur 1*, 108 Mal *Denkfigur 2*, 127 Mal *Denkfigur 3* und 84 Mal *Denkfigur 4* angekreuzt.

Die Häufigkeit der Verwendung dieser vier Denkfiguren unterscheidet sich zwischen den Szenarien (V1-V4) (Abbildung 7). *Denkfigur 4* beispielsweise wurde am häufigsten bei dem Szenario mit dem Beispiel der Giraffen (V4) angewendet und am seltensten als Erklärung der Entwicklung der Venusfliegenfalle (V1) verwendet. Das Finken-Beispiel (V2) wurde von den SchülerInnen 17 Mal und das Kakteen-Beispiel (V3) 18 Mal mit *Denkfigur 4* beantwortet. Die Anzahl der Verwendung der *Denkfigur 1* schwankt zwischen acht bei den Giraffen (V4) und 37 bei den Venusfliegenfallen (V1) (Abbildung 7).

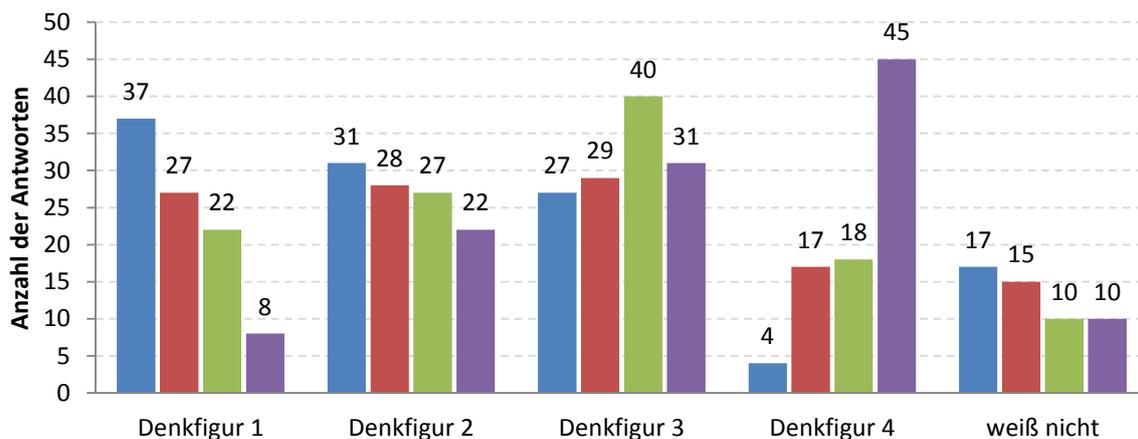


Abbildung 7: Häufigkeiten der Antworten der SchülerInnen in Abhängigkeit vom Beispiel beim Fragebogentest. **Blau** stellt die Häufigkeit der Antworten des Venusfliegenfallen-Beispiels (V1) dar, **rot** die des Finken-Beispiels (V2), **grün** die des Kakteen-Beispiels (V3) und **lila** die Häufigkeit der Antworten des Giraffen-Beispiels (V4).

Alle vier Denkfiguren wurden in den vier Szenarien von weniger als 6% der SchülerInnen konsistent angewendet. Beispielsweise wurde von 0,9% der SchülerInnen bei allen vier Szenarien die *Denkfigur 4* angekreuzt (Tabelle 3). Im Vergleich dazu kommt das einmalige Anwenden einer Denkfigur bei min.

30,8% der SchülerInnen bei *Denkfigur 1* und max. 35,9% der SchülerInnen bei *Denkfigur 4* vor (Tabelle 3).

Der Prozentsatz der SchülerInnen, die die jeweilige Denkfigur (1-4) angewendet haben, wird geringer, je höher die Anzahl der Szenarien bei denen die SchülerInnen die gleiche Denkfigur verwendet haben (Tabelle 3).

Tabelle 3: Konsistenz der Verwendung der Denkfiguren bei unterschiedlichen Szenarien.

Anzahl der Szenarien bei denen die SchülerInnen die gleiche Denkfigur verwendet haben	Denkfigur 1 [%]	Denkfigur 2 [%]	Denkfigur 3 [%]	Denkfigur 4 [%]
0	47,9	41,5	40,2	48,7
1	30,8	29,1	31,6	35,9
2	15,4	23,9	13,7	11,1
3	5,1	5,1	8,5	3,4
4	0,8	0	6,0	0,9

7.1.1 Fazit der Vorstudie

Die Ergebnisse der Fragebogenstudie machen deutlich, dass die SchülerInnen in der Jahrgangsstufe 7 in den wenigsten Fällen konsistente Vorstellungen zur evolutionären Anpassung bei Pflanzen und Tieren haben. Weiterhin lässt sich vermuten, dass die gewählten Beispiele der Szenarien einen Einfluss auf das Antwortverhalten der SchülerInnen hatten. Da es sich um *botanische* und *zoologische*, sowie unterschiedlich *bekannte* Beispiele im Fragebogen handelte, sollte die Interviewstudie diese Charakteristiken der Beispiele und deren Einfluss auf das Antwortverhalten der SchülerInnen genauer untersuchen.

7.2 Ergebnisse der Hauptstudie

Die qualitative Interviewstudie gibt Aufschluss über die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zur evolutionären Anpassung und verdeutlicht den Einfluss des gewählten Beispiels auf das Antwortverhalten der SchülerInnen. Zunächst werden die Assoziationen zur Anpassung beschrieben und analysiert (Kapitel 7.2.1), im zweiten Schritt wird das Kategoriensystem II deskriptiv beschrieben und die Schülervorstellungen aller 18 SchülerInnen zur evolutionären Anpassung werden analysiert (Kapitel 7.2.2). Abschließend werden die Einzelfallanalysen einiger SchülerInnen dargestellt (Kapitel 7.2.3) und aus den Ergebnissen der qualitativen Inhaltsanalyse resultierende Ansatzpunkte für Lernangebote zur evolutionären Anpassung erläutert (Kapitel 7.2.4).

7.2.1 Assoziationen der SchülerInnen mit dem Begriff Anpassung (Alltagsvorstellungen)

Die Analyse der Schüleraussagen zeigt, dass alle Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff der „Anpassung“, unabhängig von der evolutionären Anpassung, eine aktive und zielgerichtete Anpassung verbinden (Anhang 11.4, Fallbezogene thematische Zusammenfassungen). Im Folgenden werden die Assoziationen als Alltagsvorstellungen der SchülerInnen detaillierter beschrieben und dargestellt.

Insgesamt lassen sich drei verschiedene Hauptkategorien definieren, mit denen die Alltagsvorstellungen zum Begriff „Anpassung“ abgebildet werden können (Anhang 11.5, Kategoriensystem I). Die erste Hauptkategorie beinhaltet das Subjekt, welches sich anpasst (Wer passt sich an?) und die zweite Hauptkategorie das Ziel der Anpassung (Woran wird das Subjekt angepasst?), diese Hauptkategorien implizieren bereits die aktive zielgerichtete Handlung der Individuen. Als drittes wird von den SchülerInnen der „Grund oder Auslöser“ für die Anpassung genannt.

Hauptkategorie: Subjekt

Insgesamt 15 von 27 Aussagen, die den Begriff Anpassung beschreiben, beziehen sich auf die Anpassung des Menschen. Andere Tiere bzw. tierische Beispiele werden zwölf Mal als Ausgangspunkt verwendet.

Hauptkategorie: Ziel

In 9 von 27 Schüleraussagen wird Bezug auf die Anpassung von Personen an ihr soziales Umfeld genommen. Diese Vorstellung „**Anpassung der Menschen an ihr soziales Umfeld**“ lässt sich mit folgendem Ankeritem verdeutlichen: *„[...]wenn Teenager was neues von Klamotten haben, dann*

sehen es die anderen und wollen sich natürlich anpassen und kaufen sich auch sowas.“ (S1, Absatz 19). Neben äußerlichen Veränderungen kann auch das Verhalten der Menschen als Anpassung verstanden werden „[...] wenn du jetzt eine Freund[in] hast und du bist ein ruhiger Mensch und deine Freundin möchte, dass du ein bisschen offener wirst, dann passt du dich daran an [...]“ (S10, Absatz 12).

Eine weitere Vorstellung der SchülerInnen beinhaltet die aktive Anpassung des Menschen an die Lebensbedingung; damit ist eine andere Kultur gemeint „wenn man sich an Kulturen anpassen muss“ (S7, Absatz 3) oder eine sich verändernde Lebensbedingung: „[...] wenn das Umfeld sich verändert, z.B., wenn man nicht mehr so viel Geld hat [...], dass man sich dann einschränkt, dass man sich nicht mehr viel leisten kann [...] und dass man sich dann anpasst.“ (S1n2, Absatz 5). Insgesamt sechs Schüleraussagen beinhalten die Anpassung an Lebensbedingungen (des Menschen).

Bei den Tieren nehmen die SchülerInnen in 10 von 27 Aussagen Bezug auf die **„Anpassung an die Lebensbedingungen“**. Auch diese Vorstellungen zur Anpassung werden ausschließlich zielgerichtet und aktiv formuliert: „[...] passt sich ein Tier an die Jahreszeiten [an]. Z.B. ein Hund, der hat ja immer nach dem Winter, hat der ja immer Haarausfall“ (S1, Absatz 23) und „Dass sich ein Tier anpasst an die Umgebung, wie so ein Schneehase an, sich anpasst mit dem Schnee.“ (S2, Absatz 3).

Hauptkategorie: Gründe und Auslöser der Anpassung

Da die Alltagsvorstellung von Anpassung für die SchülerInnen immer zielgerichtet ist, wird sie von ihnen begründet bzw. ein Auslöser für die Anpassung genannt. Es gibt unterschiedliche Gründe, welche die SchülerInnen für die Anpassung sowohl bei Tieren und im Speziellen beim Menschen nutzen. Ein Grund ist der **„Lebensraumwechsel oder die sich verändernde Lebensbedingung“** „[...] man muss sich anpassen, wenn die Firma, in der man arbeitet umzieht nach Hamburg, dass man da mitziehen muss, man muss sich dann anpassen.“ (S4, Absatz 5) oder „Wenn man in ein neues Dorf kommt und die Leute da anders sind, dann muss man sich auch erst mal anpassen“ (S3, Absatz 5). Beide genannten Ankeritems stellen zudem die **„Notwendigkeit“** als Grund und Auslöser der Anpassung dar. Insgesamt wird sieben Mal der „Lebensraumwechsel oder die verändernde Lebensbedingung“ als Grund und Auslöser genannt und sechs Mal die „Notwendigkeit“.

Weitere Gründe und Auslöser sind die herrschenden **„Lebensbedingungen“**, welche sieben Mal genannt werden und die **„Anerkennung“**, die der sich anpassende erhält: „wenn man, ähm, zum Beispiel jetzt ein Date hat und, äh, man ist jetzt zum Beispiel bester Freund von ´nem Mann und man kennt die Frau und man weiß was die mag, dass man den dann, man dann, also richtig an der Frau die Kleider und so anpasst.“ (S10, Absatz 4). Es wurden fünf Aussagen der Kategorie „Anerkennung“ zugeordnet.

Zu den beschriebenen und in Kategorien gefassten Alltagsvorstellungen von Anpassung kommen noch von den SchülerInnen genannte Synonyme für dieses Wort. Außerdem verwenden sie während der Beschreibung der Anpassung unterschiedliche Beispiele. Beides wird nachfolgend beschrieben.

Synonyme

Es gibt SchülerInnen, die den Begriff „Anpassung“ mit anderen Worten erklären. Sie verbinden mit dem Begriff Anpassung **Flexibilität** „Anpassung, dass man sich an etwas anpasst, also dass man flexibel ist“ (S4, Absatz 3), **Angleichen** „Wenn ich jetzt das Wort Anpassung höre, dann versteh ich daran, dass man sich irgendwie vergleicht und anderen irgendwie gleich wird.“ (S9, Absatz 3) und **Gewöhnen** „Anpassung ist, wenn man irgendwo hinkommt, was neu ist und da muss man sich erst mal dran gewöhnen und sich dem auch anpassen.“ (S3, Absatz 5).

Beispiele

Es werden einige Beispiele für die Anpassung von Tieren genannt: Chamäleon als Anpassungsbeispiel für den Farbwechsel und der Hund als Beispiel für den Wechsel des Fells im Sommer und Winter sowie der Kolibri, der mit seinem Schnabel an die Blüten angepasst ist, um besser an den Nektar zu gelangen.

7.2.1.1 Fazit der Analyse der Assoziationen mit dem Begriff „Anpassung“

Zusammenfassend zeigte die Analyse der Alltagsvorstellungen zum Begriff „Anpassung“, dass alle SchülerInnen unter impliziter Bezugnahme auf das Prinzip der Ursache und Wirkung die Anpassung beschrieben haben. Im Vordergrund ihrer Antworten stand die aktive und zielgerichtete Anpassung der Menschen an ihr soziales Umfeld.

Es wurden unterschiedliche Beispiele zur Beschreibung und Erklärung der Anpassung verwendet, jedoch wurden keine *botanischen* Beispiele bei der Beschreibung eingebunden.

Weiterhin ist zu beobachten, dass es für die SchülerInnen Synonyme für „Anpassung“ gibt, welche wiederum in Bezug zu Ursache und Wirkung stehen.

7.2.2 Kategoriensystem II und kategorienbasierte deskriptive Auswertung

Im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse wurde das Kategoriensystem II (Anhang 11.6) zur Analyse der Schülervorstellungen entwickelt. Es besteht aus fünf Hauptkategorien, welche zwischen zwei und neun induktiv entwickelten Kategorien beinhalten. Sie stellen die unterschiedlichen Vorstellungen innerhalb der Hauptkategorien dar und bilden die Grundlage der Definition der Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung von Pflanzen und Tieren.

Die Kategorien werden im Folgenden beschrieben und im Verbund mit der deskriptiven Statistik dargestellt. An entsprechender Stelle werden passend zur Definition der Kategorie ein oder mehrere Schüleraussagen als Ankeritems genannt. Weitere Ankeritems sowie eine Definition der Kategorien finden sich im Anhang 11.6 – Kategoriensystem II.

7.2.2.1 Hauptkategorie: Vorstellungen zur „zeitlichen Dimension“ von Anpassung

Die Aussagen der SchülerInnen dieser Untersuchung repräsentieren ein breites Spektrum von Vorstellungen zur zeitlichen Dimension der evolutionären Anpassung (Anhang 11.6, Tabelle 25). Es lassen sich insgesamt sechs Kategorien definieren. Diese reichen von der Vorstellung einer Anpassung innerhalb des Lebens eines Individuums bis hin zur Vorstellung, Anpassung fände in Millionen von Jahren statt (Tabelle 4).

Kategorie: Lebenszyklus

Der kürzeste Zeitraum, den die SchülerInnen nennen, bezieht sich auf die Entwicklung von Merkmalsausprägungen innerhalb eines Lebenszyklus'. Das folgende Ankeritem repräsentiert diese Vorstellung: „[...] ich schätze, die leben nicht so lange, [...] höchstens zehn, fünfzehn Jahre. Und dann denk ich vielleicht, dass sich die Hände vom Maulwurf fertig entwickelt haben, nach sechs, sieben Jahren“ (S3, Absatz 81). Zusätzlich gibt es Schüleraussagen, die nicht explizit auf die Entwicklung im Laufe des Lebens eines Individuums eingehen, jedoch einen sehr kurzen Zeitraum benennen. Diesen Fall veranschaulicht eine Schüleraussage zur Entwicklung der Stacheln des Kaktus: „[...] fünf bis zehn Jahre“ (S3, Absatz 53). Diese Aussagen werden ebenfalls der sogenannten Kategorie „**Lebenszyklus**“ zugeordnet. Folglich vereint diese Kategorie die Vorstellungen der SchülerInnen, welche die Entwicklung als innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes stattfindend verstehen. Insgesamt wird diese Vorstellung in fünf Schüleraussagen geäußert (Tabelle 4).

Kategorie: Mehrere Generationen

Drei von 18 SchülerInnen (SIn6, SIn7, S10) beziehen sich bei ihrer Einschätzung nicht auf einen klar definierten Zeitraum, sondern beschreiben die Entwicklung der Merkmalsausprägungen über mehrere Generationen. Jeder dieser drei Probanden nannte diese Vorstellung einmal (Tabelle 4). Daraus lässt sich die Kategorie „**mehrere Generationen**“ ableiten (Anhang 11.6, Tabelle 25) und mit dem Ankeritem zur Entwicklung der langen Hälse der Giraffen abgrenzen: „*dadurch kamen [...] nach mehreren Generationen diese langen Hälse*“ (SIn7, Absatz 133).

Kategorie: Jahrzehnte

Die Vorstellung, Entwicklung fände über „**Jahrzehnte**“ statt, wurde von drei unterschiedlichen SchülerInnen (SIn3, SIn6, SIn7) sechs Mal geäußert (Tabelle 4). Diese Vorstellung wird durch das Benennen von Jahren ausgedrückt, welches das Ankeritem veranschaulicht: Die Entwicklung der Farbe der Agamen dauerte „*fünfzig Jahre*“ (SIn3, Absatz 119).

Die Kategorie „mehrere Generationen“ und „Jahrzehnte“ können innerhalb einer Schülervorstellung nebeneinander vorkommen (SIn6, Absatz 60-63).

Kategorie: Jahrhunderte

Die am häufigsten vorkommende Vorstellung über die zeitliche Dimension von Anpassung, ist die der Entwicklung von Merkmalsausprägungen über „**Jahrhunderte**“. Zehn Aussagen von acht verschiedenen SchülerInnen wurden zur Entwicklung über Jahrhunderte gemacht. Eine dieser Aussagen besagt, dass es „*bestimmt schon länger [dauert]. Etwas länger. Also auch so hundert Jahre oder mehr*“ (S7, Absatz 61). Dieses Ankeritem verdeutlicht, dass für die Interviewten bereits hundert Jahre ein langer Zeitraum sind.

Kategorie: Jahrtausende

Die Kategorie „**Jahrtausende**“ beinhaltet Schüleraussagen mit der Vorstellung der Entwicklung über tausende Jahre. Insgesamt wurden sieben Aussagen zur Entwicklung über tausende Jahre gemacht. Die SchülerInnen äußern im Interview diese Vorstellung folgendermaßen: Die Hände des Maulwurfes hätten sich „*im Laufe der Jahrtausende ´nen bisschen besser verändert*“ (SIn8, Absatz 34). Diese Art von Aussagen lassen sich vier SchülerInnen (S1, S2, S6, SIn8) zuordnen.

Kategorie: Jahrmillionen

Eine Entwicklung über Millionen Jahre wird von insgesamt drei Schülern genannt (S2, S4, S9). Sie wird hier als Kategorie „**Jahrmillionen**“ definiert. Das folgende Ankeritem für diese Vorstellung stellt eine

Schüleraussage zur Entwicklung der Grabhände des Maulwurfs dar: *„nicht [...] von ein Tag auf den anderen, sondern aufm längeren Zeitraum, so paar (.) eine Million Jahre oder so“* (S2, Absatz 45).

Tabelle 4: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur zeitlichen Dimension werden über sechs Kategorien definiert. Diese werden von einer bestimmten Anzahl von SchülerInnen unterschiedlich häufig genannt. Die „Anzahl der SchülerInnen“ gibt an, wie viele Probanden eine oder mehrere Aussagen zu der jeweiligen Kategorie getroffen haben.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Lebenszyklus	5	3
Mehrere Generationen	3	3
Jahrzehnte	6	3
Jahrhunderte	10	8
Jahrtausende	7	4
Jahrmillionen	3	3

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Zeitliche Dimension“

In der Hauptkategorie „Zeitliche Dimension“ lassen sich jedem Schüler bzw. jeder Schülerin entweder eine, zwei oder drei verschiedene Kategorie(n) zur zeitlichen Dimension der Entwicklung von Merkmalsausprägungen zuordnen. Von acht SchülerInnen werden ausschließlich Aussagen zu einer Kategorie formuliert. Keiner der SchülerInnen macht ausschließlich Aussagen, die allein in die Kategorie „Mehrere Generationen“ oder „Jahrzehnte“ fallen. Die Kategorien „Jahrhunderte“ und „Jahrtausende“ werden von einigen SchülerInnen gemeinsam bei unterschiedlichen Beispielen verwendet. Gleiches findet sich bei den Kategorien „Jahrtausende“ und „Jahrmillionen“. Kein Proband äußert zu einem einzelnen Beispiel verschiedene Vorstellungen.

7.2.2.2 Hauptkategorie: Vorstellungen zur Entwicklungsebene

Die Interviews zeigen, dass die SchülerInnen die Entwicklung von Merkmalsausprägungen auf zwei unterschiedlichen Ebenen beschreiben. Anhand der Schüleraussagen lässt sich die „Populationsebene“ definieren (Anhang 11.6, Tabelle 26). Die häufiger vorkommende Vorstellung ist die Entwicklung von Merkmalsausprägungen auf „Individualebene“.

Kategorie: Populationsebene

Von 15 SchülerInnen wurden 31 Aussagen zur Entwicklung auf der „Populationsebene“ getroffen. Dabei handelt es sich um die Vorstellung, dass Entwicklung innerhalb einer Population stattfindet. Die Aussage: *„die Vorfahren, [...] nicht gleich waren, sondern verschieden und dass die dann [...] verschiedene (.) Kinder [bekamen]. Zum Beispiel, [...]dass die Kinder nicht gleich aussahen, [...]“*

sondern, dass die immer verschieden aussahen und ihre Eigenschaften hatten, dass das immer so weiterentwickelt hat“ (S10, Absatz 192) verdeutlicht die Vorstellung Entwicklung finde auf der Populationsebene statt. Ein Drittel der Aussagen zu dieser Vorstellung wurden anhand des Beispiels der Agamen gemacht (Tabelle 5).

Kategorie: Individualebene

Insgesamt 46 Schüleraussagen wurden zur Entwicklung einzelner Individuen formuliert. Die Aussage, dass die Blätter „immer kleiner wurden von jedem Kaktus und dann hat er irgendwann so Stacheln.“ (SIn5, Absatz 45) stellt ein Ankeritem für die Kategorie „**Individualebene**“ dar.

Die Aussagen von S5 und S11 lassen sich keiner Kategorie eindeutig zuordnen, da diese Schüler entweder den Prozess der Entwicklung nicht beschreiben oder es für sie keine Entwicklung gibt. Bei allen anderen SchülerInnen findet man mindestens eine Aussage zu einer der beiden Kategorien (Tabelle 6).

Tabelle 5: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur Entwicklungsebene werden in zwei Kategorien eingeteilt. Diese werden von einer bestimmten Anzahl von SchülerInnen unterschiedlich häufig genannt.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Populationsebene	31	15
Individualebene	46	15

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Entwicklungsebene“

Die Analyse zeigt, dass die meisten SchülerInnen keine ausschließliche Vorstellung der Entwicklung auf Populationsebene oder auf Individualeben haben. Beide definierten Entwicklungsebenen lassen sich parallel in den Aussagen der SchülerInnen wiederfinden (Tabelle 6). Nur zwei der SchülerInnen (SIn7, S2) sind in ihren Aussagen zur Entwicklungsebene konsistent. Die Aussagen von SIn7 lassen sich nur der Kategorie „Populationsebene“ zuordnen, die Aussagen von S2 ausschließlich der „Individualebene“.

Tabelle 6: Code-Matrix-Browser, Einheit der Analyse: Segmente, Anzahl Codings pro Dokument zur „Populationsebene“ und „Individualebene“.

Proband	Populations- ebene	Individual- ebene	Proband	Populations- ebene	Individual- ebene
SIn8	3	2	S2	0	3
SIn7	3	0	S3	4	2
SIn6	4	3	S4	1	1
SIn5	1	4	S5	0	0
SIn4	1	2	S6	2	3
SIn3	1	4	S7	2	5
SIn2	3	5	S9	2	1
SIn1	1	5	S10	2	1
S1	1	5	S11	0	0

7.2.2.3 Hauptkategorie: Vorstellungen zur Angepasstheit

Die Angepasstheit ist die zurzeit vorhandene Merkmalsausprägung, die aus der evolutiven Entwicklung hervorging und von den SchülerInnen erkannt und benannt wird. Die SchülerInnen zeigen unterschiedlich differenzierte Vorstellungen zur Angepasstheit (Anhang 11.6, Tabelle 27). Alle SchülerInnen nennen Merkmalsausprägungen, und in zahlreichen Äußerungen werden diese in Zusammenhang mit einer Funktion beschrieben.

Kategorie: Merkmalsausprägung

Es wurden insgesamt 107 Aussagen ausschließlich über eine „**Merkmalsausprägung**“ wie die Härchen des Edelweiß oder die Flossen der Fische formuliert.

Kategorie: Merkmalsausprägung mit Funktion

Aussagen wie „*die Hände sind wie Schaufeln geformt, sodass er sich in der Erde lang schaufeln kann*“ (SIn6, Absatz 39) beschreiben den Inhalt der Kategorie „**Merkmalsausprägung mit Funktion**“. Es wurden von 18 SchülerInnen insgesamt 110 Merkmalsausprägungen mit ihrer Funktion beschrieben.

Kategorie: Funktion

Insgesamt 38 Aussagen beinhalteten ausschließlich die Beschreibung einer „**Funktion**“ ohne eine Merkmalsausprägung. Diese Aussagen sind vergleichbar mit der von S9 zu der Fähigkeit der Fische im Wasser atmen zu können: „*der kann ja jetzt nur im Wasser atmen*“ (Absatz 15).

Kategorie: Verhalten

Das „**Verhalten**“ der Arten wurde 25-mal als Angepasstheit beschrieben. Folgendes Ankeritem repräsentiert diese Kategorie: *„die schützen sich selber nochmal, wenn sie [Kakteen] ganz zusammen sind“* (S1, Absatz 59).

Kategorie: Gründe für die Angepasstheit

Neben der Angepasstheit in den unterschiedlichsten Formen kann die Kategorie „**Gründe für die Angepasstheit**“ definiert werden. Die SchülerInnen stellen immer wieder Vermutungen auf, welchen Grund es für das Vorhandensein der Merkmalsausprägungen geben könnte. Das Ankeritem zeigt, dass die Merkmalsausprägung bei den SchülerInnen in einem kausalen Zusammenhang mit der Funktion steht: *„Er hat große Hände, damit er in der Erde graben kann, sich schnell bewegen kann“* (S2, Absatz 49). Insgesamt wurden 45 Aussagen zu den Gründen der Angepasstheit genannt.

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Angepasstheit“

Die fünf Kategorien zur Angepasstheit werden bei allen Beispielen mehrfach verwendet, und mitunter kommen alle Kategorien gleichzeitig bei einem Beispiel vor. Die SchülerInnen haben die Merkmalsausprägungen entweder erkannt oder sie auch in Zusammenhang mit der Funktion beschrieben. Es kommt zu einer Übereinstimmung der Codes „Funktion“ (Überschneidung von drei Codings), bzw. „Merkmalsausprägung mit Funktion“ (Überschneidung von 17 Codings) und „Gründe für die Angepasstheit“ bei insgesamt 20 Codings (*Code-Relations-Browser*, Überschneidung von Codes, Einheit: Segmente).

7.2.2.4 Hauptkategorie: Vorstellungen über die Gründe und Auslöser von Anpassung

Die SchülerInnen formulieren „Gründe und Auslöser“ für die Entwicklung von Merkmalsausprägungen, welche sich in acht Kategorien zusammenfassen lassen (Anhang 11.6, Tabelle 28). Die verschiedenen Gründe und Auslöser werden unterschiedlich häufig verwendet, dadurch liegt die Anzahl genannter Aussagen zu diesen Vorstellungen zwischen zwei und 40 Aussagen.

Kategorie: Lebensbedingungen (abiotisch)

Mit 40 Aussagen werden unterschiedliche Lebensbedingungen am häufigsten als Grund oder Auslöser für die Anpassung genannt (Tabelle 7). Dabei handelt es sich um von den SchülerInnen genannte abiotische Faktoren, wie Kälte, Trockenheit usw., welche als Ursache (Gründe und

Auslöser) für die Anpassung angesehen werden. Deshalb wird diese Kategorie als „**Lebensbedingungen**“ bezeichnet. Das Ankeritem zu dieser Kategorie beinhaltet die Vorstellung, Kälte sei Grund und Auslöser für die Anpassung: *“[weil die] Kälte die Pflanze immer zerstört hat sozusagen, also kaputt gemacht hat, [damit die] Pflanze Wärme speichern kann“* (S2, Absatz 120).

Kategorie: Vorteil/Nachteil

Eine weitere häufig vorkommende Vorstellung der SchülerInnen bezieht sich auf den Vorteil, den die Arten durch die entwickelte Merkmalsausprägung haben. Dieser Vorteil ist laut den Interviewten der Grund und Auslöser für die Anpassung und wurde 27-mal genannt. Dabei können diese Vorteile einerseits, wie bei SIn8, direkt benannt werden: *„die Zellen oder, also auf jeden Fall hat da (.) irgendwas im Körper sich verändert, was dann dazu das ausgewirkt hat, dass der Hals größer geworden ist. Und dadurch hat die Giraffe Vorteil[e]“* (Absatz 110). Andererseits nennen die SchülerInnen den Vorteil indirekt: *„dann haben sich die Hände, ähm, entwickelt, damit er unten auch in der Erde graben kann, damit er Sicht in jedem Raum hat“* (S2, Absatz 53). Neben dieser Vorstellung lässt sich der Nachteil einer nicht vorhandenen Merkmalsausprägung als Grund und Auslöser bei den SchülerInnen finden. Neun SchülerInnen haben diese Vorstellung formuliert. Diese beiden Vorstellungen unterscheiden sich jedoch nur in der Wirkrichtung. Einerseits führt der Nachteil einer Merkmalsausprägung zur Anpassung, damit die Arten oder Individuen einen Vorteil dadurch haben, andererseits führte der mögliche Vorteil zur Anpassung. Beide Vorstellungen werden in der Kategorie „**Vorteil/Nachteil**“ zusammengefasst.

Kategorie: Verändernde Lebensbedingungen

Die Vorstellung, dass „**verändernde Lebensbedingungen**“ zur Anpassung führen, wird von sieben SchülerInnen bei allen Beispielen vertreten und in 15 Aussagen formuliert (Tabelle 7). Eine dieser Aussagen bezieht sich auf das Klima, das immer kälter wurde und somit zur Anpassung führte: *„es wird immer kälter und kälter, und dann merkt die Pflanze, dass es kalt wird und entwickelt sich diese Härchen“* (S1, Absatz 174).

Kategorie: Feinde oder Konkurrenten (biotisch)

Biotische Faktoren werden seltener als abiotische Faktoren innerhalb dieser Hauptkategorie genannt. Sieben SchülerInnen beschreiben in 10 Aussagen, dass „**Feinde oder Konkurrenten**“ Grund oder Auslöser für die Anpassung seien. Vier dieser Aussagen beziehen sich auf die Entstehung der Stacheln beim Kaktus. Die SchülerInnen haben die Vorstellung die Stacheln der Kakteen hätten sich *„vielleicht durch Fressfeinde“* (SIn3, Absatz 51) entwickelt. Mit zwei Aussagen wird die Anpassung des

Maulwurfs durch Feinde oder Konkurrenten begründet, mit weiteren vier, die der Agamen: *„damit die vielleicht von Feinden oder so nicht entdeckt werden“* (S11, Absatz 121) (Tabelle 7).

Kategorie: Lebensraumwechsel

Die Vorstellung, dass ein **„Lebensraumwechsel“** zur Entwicklung neuer Merkmalsausprägungen führt, besteht ebenfalls. Diese Vorstellung findet sich bei neun Aussagen von sieben SchülerInnen wieder und wird in sechs von neun Aussagen zum Agamen-Beispiel formuliert.

Kategorie: Zellveränderungen

Drei SchülerInnen äußern die Vorstellung, die Anpassung fände durch Veränderungen auf zellulärer Ebene statt. Die Begründung oder der Auslöser sind dementsprechend **„Zellveränderungen“**, die einfach stattfinden. Die Aussage *„vielleicht sind neue Zellen dazu gekommen oder weggegangen [...] so Farbzellen [...] irgendwann war das dann, das die grün wurden“* (SIn8, Absatz 124) ist ein Ankeritem dieser Kategorie.

Kategorie: Perfektion

Es lässt sich anhand der Schüleraussagen zudem das Streben nach **„Perfektion“** als Grund und Auslöser für die Anpassung definieren. Hier treffen zwei SchülerInnen je eine Aussage zu dieser Kategorie. Sie haben die Vorstellung, dass sich Merkmalsausprägungen immer weiter entwickeln, weil ideale Arten entstehen müssen. *„Und irgendwann haben sich die Hände im Laufe der Jahrtausende ´nen bisschen besser verändert bis jetzt so, dass vielleicht verändern sie sich ja noch besser“* (SIn8, Absatz 34).

Kategorie: Notwendigkeit

Die Kategorie **„Notwendigkeit“** beinhaltet 38 Aussagen, vergleichbar mit folgender: *„dass es da so wenig Wasser gab, dass die das entwickeln mussten“* (S7, Absatz 29). Insgesamt haben 14 SchülerInnen die Vorstellung Anpassung sei notwendig.

Tabelle 7: Darstellung der Vorstellungen zu den Gründen und Auslösern von Anpassung in Form von Kategorien. Anzahl gemachter Aussagen zu diesen Vorstellungen und die Anzahl von SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Lebensbedingung	40	17
Feinde und Konkurrenten	10	7
Lebensraumwechsel	9	7
Verändernde Lebensbedingungen	15	7
Zellveränderung	3	3
Vorteile/ Nachteil	27/9	12/4
Perfektion	2	2
Notwendigkeit	38	14

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Gründe und Auslöser“

Am häufigsten überschneiden sich Segmente der Kategorie „Notwendigkeit“ der Anpassung mit denen der Kategorie „Lebensbedingung“ (Tabelle 8). Die meisten SchülerInnen setzen diese beiden Kategorien in direkten Zusammenhang. Auch die Kategorien „Feinde und Konkurrenten“, „Lebensraumwechsel“ und „verändernde Lebensbedingungen“ werden von den SchülerInnen häufig in Zusammenhang mit der „Notwendigkeit“ genannt. Es zeigt sich, dass die Kategorie „Notwendigkeit“ niemals alleine verwendet wird. Sie wird immer im Zusammenhang mit einem anderen Grund oder Auslöser genannt.

Gleichzeitig wird die Lebensbedingung häufig gemeinsam mit einem Vorteil der oder Nachteil durch die Anpassung als „Grund oder Auslöser“ genannt. Inwieweit die Kategorien gemeinsam innerhalb einer Schüleraussage vorkommen können, zeigt das folgende Beispiel: *„dass es da so wenig Wasser gab, dass die das entwickeln mussten, dass die da überleben können [...]“* (S7, Absatz 29).

Die Kategorien „Zellveränderung“ und „Perfektion“ überschneiden sich dahingegen mit keiner der anderen Kategorien dieser Hauptkategorie.

Tabelle 8: Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien, die sich überschneiden, doppelte Überschneidungen sind möglich, Code-Relation-Browser mit Nähe der Codes max. 2 Absätze, Einheit Segmente.

	Lebensbedingung	Feinde und Konkurrenten	Lebensraumwechsel	Verändernde Lebensbedingungen	Vorteil/ Nachteil	Notwendigkeit
Lebensbedingung		6	2	5	26	30
Feinde und Konkurrenten	6		2	2	16	6
Lebensraumwechsel	2	2		2	8	8
Verändernde Lebensbedingungen	5	2	2		2	11
Vorteil/Nachteil	26	16	8	2		16
Notwendigkeit	30	6	8	11	16	

7.2.2.5 Hauptkategorie: Entwicklungsprozess

Die Vorstellungen der SchülerInnen zum Prozess der Anpassung können aus zwei Perspektiven betrachtet werden. Einerseits wird unterschieden zwischen Schülervorstellungen der aktiven und passiven Anpassung (Handlungsrichtungen) (Anhang 11.6, Tabelle 29). Andererseits werden Kategorien definiert, welche die Vorstellungen von evolutionärer Anpassung detaillierter darstellen. Beide Bereiche gemeinsam definieren die Vorstellung des Entwicklungsprozesses von Merkmalsausprägungen (Anpassung).

Kategorie: Aktive Anpassung

Die SchülerInnen unterscheiden in ihren Vorstellungen zur Anpassung zwei Handlungsrichtungen (Anhang 11.6, Tabelle 29). Am häufigsten wird Anpassung als aktiver Prozess dargestellt, von insgesamt 67 Aussagen lassen sich 51 der Vorstellung einer „**aktiven Anpassung**“ von Pflanzen oder Tieren zuordnen. Folgendes Beispiel dient als Ankeritem für diese Kategorie: “[...] die [Agamen] passen sich hier an die Farbe da an[...]“ (S11, Absatz 121).

Jede/r der 18 SchülerInnen formuliert in seinen Antworten mindestens einmal die Vorstellung einer aktiven Anpassung.

Kategorie: Passive Anpassung

Zur „**passiven Anpassung**“ von Pflanzen und Tieren werden 16 Aussagen geäußert, welche von zehn verschiedenen SchülerInnen stammen. Ein Beispiel für eine solche Aussage ist die der S1n8

„irgendwas im Körper hat sich verändert, was dazu geführt hat, dass der Hals länger geworden ist“ (Sln8, Absatz 110).

Tabelle 9: Darstellung der Vorstellungen zur Handlungsrichtung in Form von Kategorien, Anzahl der Aussagen zu diesen Vorstellungen und die Anzahl von SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Aktive Anpassung	51	18
Passive Anpassung	16	10

Neben der Einordnung der Aussagen in die Kategorien aktive und passive Anpassung, lässt sich der evolutionäre Prozess der Anpassung anhand zehn weiterer Kategorien darstellen (Anhang 11.6, Tabelle 30). Diese werden nachfolgend beschrieben. Die Anzahl der Aussagen zu diesen Kategorien reicht von zwei bis 55 Aussagen (Tabelle 10).

Kategorie: Zielgerichtete Anpassung

Mit 55 Aussagen ist die Vorstellung der „**zielgerichteten Anpassung**“ der Arten die am häufigsten vorkommende Kategorie zur Beschreibung des Entwicklungsprozesses. Von 18 SchülerInnen äußern 14 die Vorstellung, die Anpassung sei ein zielgerichteter Prozess. Eine dieser Aussagen thematisiert z.B. die Entwicklung der Farbe der Agamen: „dann passt sich die Echse an den Boden an, damit Feinde sie nicht mehr so entdecken“ (Sln2, Absatz 131).

Kategorie: Einfach entwickelt

In 45 Aussagen beschreiben die SchülerInnen nicht direkt den Prozess der Anpassung, sondern umschreiben ihn, indem sie Synonyme für den Begriff „entwickeln“ verwenden oder die Begriffe aus der Fragestellung aufgreifen. Somit sprechen sie häufig davon, dass sich Merkmalsausprägungen „**einfach entwickeln**“. Das folgende Ankeritem zeigt dies: „Im Laufe der Jahre ham´ die sich so entwickelt“ (S4, Absatz 47).

Kategorie: Ontogenese

Eine häufig vorkommende Vorstellung impliziert keine Entwicklung im evolutiven, sondern im individuellen Kontext und wird als Kategorie „**Ontogenese**“ definiert. Insgesamt enthalten 21 Aussagen Formulierungen wie „umso älter sie sind, umso mehr Haare haben sie einfach“ (S10, Absatz 144) oder „[...]als der Kaktus gewachsen ist, da sind die auch halt mitgewachsen“ (S6, Absatz 39).

Kategorie: Graduelle Entwicklung

Zehn der SchülerInnen haben die Vorstellung geäußert, eine Merkmalsausprägung entwickle sich sukzessiv. Diese „**graduelle Entwicklung**“ von Merkmalsausprägungen lässt sich am Beispiel des Maulwurfs verdeutlichen: *„weil er unter der Erde ja keine Augen braucht, ist er dann langsam blind geworden“* (S1, Absatz 114). Insgesamt wurden 14 solcher Aussagen von den SchülerInnen zu allen Beispielen formuliert (Tabelle 10).

Kategorie: Vererbung

Fünf von 18 SchülerInnen erklären den Entwicklungsprozess durch die Weitergabe von Eigenschaften an die Nachkommen und somit durch „**Vererbung**“. Insgesamt wurden zehn Aussagen wie z.B. dass die Agamen *„irgendwann, als sie sich vermehrt haben, halt immer grüner wurden“* (S3, Absatz 157) geäußert. Neun der Aussagen beziehen sich auf zoologische Beispiele (Maulwurf, Giraffe und Agamen), eine Aussage bezieht sich auf den Kaktus. Die Entwicklung der Härchen des Edelweißes wird von keinem Probanden mit der Vererbung von Eigenschaften erklärt.

Kategorie: Gebrauch von Organen

Dass der „**Gebrauch von Organen**“ zur Entwicklung von Merkmalsausprägungen führt, ist als Vorstellung bei sechs SchülerInnen zu finden. Acht Aussagen fallen in diese Kategorie. Diese Vorstellung kommt ausschließlich bei den tierischen Beispielen „Maulwurf“ und „Giraffe“ vor.

Kategorie: Genetische Veränderung

Am seltensten findet man bei den SchülerInnen die Vorstellung, dass Entwicklung durch „**genetische Veränderung**“ stattfindet. Zwei SchülerInnen haben diese Vorstellung in je einer Aussage geäußert. Eine dieser Aussagen steht stellvertretend für diese Kategorie und lautet: *„ich glaub ja die DNA von den Giraffen [...] ist ja in den Zellen, so wie man später aussieht [...] Die Zellen oder, also auf jeden Fall hat da (.) irgendwas im Körper sich verändert, was dann [...]das ausgewirkt hat, dass der Hals größer geworden ist“* (S1n8, Absatz 110). Beide Aussagen in dieser Kategorie werden in Zusammenhang mit zoologischen Beispielen genannt.

Kategorie: Keine Entwicklung

Von fünf SchülerInnen wurden acht Aussagen zur Vorstellung formuliert, es gäbe „**keine Entwicklung**“, beispielsweise: *„Vielleicht war der ja blind, bestimmt von Anfang an“* (S7, Absatz 51).

Kategorie: Weiß nicht

Drei SchülerInnen beschreiben zu einigen Beispielen keinen Prozess und beantworten die Frage nach der Anpassung mit Aussagen wie „das weiß ich leider nicht“ (S1, Absatz 62). Deshalb wird diese Kategorie als „**Weiß nicht**“ bezeichnet. Sie beinhaltet fünf Aussagen über die eigene Unwissenheit.

Tabelle 10: Darstellung der Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess in Form von Kategorien. Die Anzahl der Aussagen zu den verschiedenen Vorstellungen und die Anzahl an SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben, werden dargestellt.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Weiß nicht	5	3
Keine Entwicklung	10	5
Ontogenese	21	8
Einfach entwickelt	46	14
Graduelle Entwicklung	14	10
Gebrauch von Organen	8	6
Vererbung	10	5
Genetische Veränderung	2	2
Zielgerichtete Anpassung	55	14

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Entwicklungsprozess“

Die Analyse mittels des *Code-Relation-Browser* zeigt, dass die Kategorien zum Entwicklungsprozess in den Schüleraussagen unterschiedlich kombiniert werden und es zu zahlreichen Kombinationen kommt (Tabelle 11). Beispielsweise wird die „aktive Anpassung“ in 32 Aussagen zusammen mit der „zielgerichteten Anpassung“ genannt. Auch zu der Vorstellung, eine Merkmalsausprägung entwickle sich einfach, gibt es acht Überschneidungen mit der Kategorie „aktive Anpassung“ und 18 Überschneidungen mit der Kategorie „zielgerichtete Anpassung“ (Tabelle 11).

Weiterhin wird die Kategorie „einfach entwickelt“ mit anderen Kategorien zum Entwicklungsprozess kombiniert (Tabelle 11), und die Kategorie „Vererbung“ wird viermal zusammen mit der „passiven Anpassung“ genannt (Tabelle 11).

Tabelle 11: Dargestellt wird die Anzahl der sich überschneidenden codierten Segmente zu der Hauptkategorie Entwicklungsprozess. Code-Relations-Browser, Art der Analyse: Überschneidung der Codes, Einheit der Analyse: Segmente. Leere Felder bedeuten, dass es keine Überschneidung der Segmente gab.

	Aktive Anpassung	Passive Anpassung	Weiß nicht	Keine Entwicklung	Ontogenese	Einfach entwickelt	Graduelle Entwicklung	Gebrauch von Organen	Vererbung	Genetische Veränderung	Zielgerichtete Anpassung
Aktive Anpassung						8		2	1		32
Passive Anpassung					1	8	5	0	4	1	3
Weiß nicht					1						
Keine Entwicklung											
Ontogenese		1	1								
Einfach entwickelt	8	8					4	2	2		18
Graduelle Entwicklung		5				4		1	3		1
Gebrauch von Organen	2	0				2	1		1		3
Vererbung	1	4				2	3	1			1
Genetische Veränderung		1									1
Zielgerichtete Anpassung	32	3				18	1	3	1	1	

7.2.2.6 Hauptkategorie: Variation

Für die Hauptkategorie „Variation“ lassen sich die folgenden zwei Kategorien definieren:

Kategorie: Populationsdenken

Die SchülerInnen beschreiben die Variation der Individuen einer Art in mehr als der Hälfte der Aussagen. Es werden 24 Aussagen zur Unterschiedlichkeit zwischen den Individuen einer Art getroffen, welche die Kategorie „**Populationsdenken**“ widerspiegeln. Insgesamt haben 15 SchülerInnen Aussagen vergleichbar mit den folgenden zwei Ankeritems formuliert: „*Jedes Tier hat ja seine Besonderheiten*“ (S1n8, Absatz 40) und „*Ich glaube es gibt größere, kleinere. Es gibt manche, die mehr Fell haben, also dickeres. Manche, die vielleicht fast gar kein Fell haben*“ (S2, Absatz 61).

Kategorie: Typologisches Denken

Die SchülerInnen stellen in zehn Aussagen fest, dass sich die Individuen einer Art nicht unterscheiden. Diese Aussagen wurden der Kategorie „**Typologisches Denken**“ zugeordnet (Tabelle 12). Die Aussage von S1n7 spiegelt diese Vorstellung wider: „*Also ich kenne nur die [Maulwürfe]. Also ich glaub schon, [dass die alle gleich sind]*“ (Absatz 78).

Tabelle 12: Darstellung der Schülervorstellungen zur Variation in Form von Kategorien. Die Anzahl der Aussagen zu den verschiedenen Vorstellungen und die Anzahl der SchülerInnen, die diese Aussagen formuliert haben, werden dargestellt.

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl Aussagen zur Vorstellung gesamt	Anzahl SchülerInnen
Populationsdenken	24	15
Typologisches Denken	10	8

Zusammenhänge innerhalb der Hauptkategorie „Variation“

Sechs SchülerInnen formulieren parallel Aussagen zu beiden Kategorien (S1, S7, S9, SIn2, SIn3 und SIn7). Neun der SchülerInnen beschreiben ausschließlich die Variation der Individuen innerhalb einer Art (Populationsdenken) und zwei SchülerInnen wenden ausschließlich die typologische Denkweise an.

7.2.2.7 Zusammenhänge innerhalb und zwischen den Hauptkategorien Entwicklungsebene und Entwicklungsprozess

Die Kategorien zum „Entwicklungsprozess“ werden von den SchülerInnen unterschiedlich mit denen der „Entwicklungsebene“ kombiniert (Abbildung 8). Beispielsweise wird die Kategorie „einfach entwickelt“ mit der „aktiven“ und der „passiven Anpassung“ verbunden sowie auf der Populationsebene, als auch auf der Individualebene beschrieben. Weiterhin finden sich Überschneidungen der Kategorie „einfach entwickelt“ mit beiden Kategorien zur „Variation“.

Dahingegen wird die Kategorie „Ontogenese“ ausschließlich mit der „passiven Anpassung“ und der „Individualebene“ verknüpft.

Die „Vererbung“ wird häufiger (4 Codings) in Verbindung mit der „passiven“, als mit der „aktiven Anpassung“ (1 Coding) genannt. Es gibt Kombinationen der „Vererbung“ mit der Individualebene und der Populationsebene.

Der „Gebrauch von Organen“ wird ausschließlich als „aktiver“ Prozess, jedoch sowohl auf „Populations-“ als auch auf „Individualebene“ beschrieben.

Die „genetische Veränderung“ wird ausschließlich auf Individualebene beschrieben (Abbildung 8).

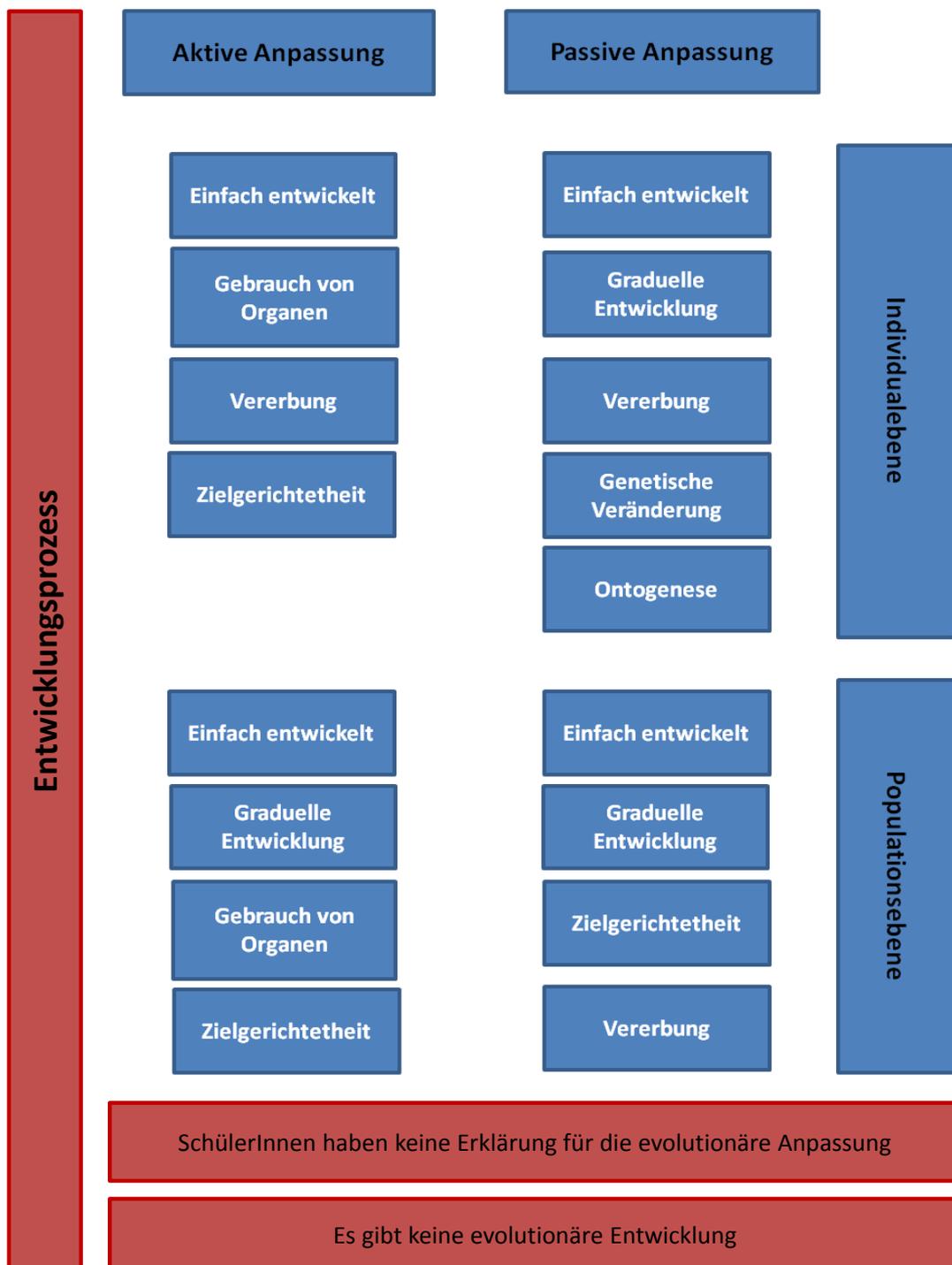


Abbildung 8: Die schematische Darstellung zeigt, inwieweit die Kategorien miteinander verknüpft werden und welche Alltagsvorstellungen die SchülerInnen zum Entwicklungsprozess haben.

7.2.2.8 SchülerInnen vergleichen Interviewbeispiele mit anderen Beispielen

Neben den Kategorien zu den Vorstellungen von Anpassung und Angepasstheit lassen sich bei den SchülerInnen Vergleiche mit eigenen Beispielen finden. Wenn die SchülerInnen einen Zusammenhang beschreiben, nehmen sie Bezug zu ihnen bekannten Beispielen:

Das Edelweiß wurde von den SchülerInnen mit Pflanzen aus ihrem Zuhause (1), mit einem Hund (1) und mit den Menschen (2) verglichen.

Der Kaktus wurde mit dem Kamel (1), mit Löwenzahn (1), mit Sonnenblumen (1), mit Menschen (1), mit einem Ball (1) und mit Bäumen verglichen (1).

Die Fische verglichen die SchülerInnen mit eigenen Fischen (1) und mit Pinguinen (1).

Die Agamen wurden mit dem Menschen (1) und Chamäleons (2) verglichen.

Der Maulwurf wurde von den SchülerInnen mit Menschen (7), mit Katzen (1), mit dem Kaktus (1), mit Dinosauriern (1) und mit Tigern (1) verglichen.

Die Giraffen verglichen die Schülerinnen mit Libellen (1), mit Menschen (2) und mit Pflanzen (1).

Alles in allem formulierten zwölf SchülerInnen 30 Aussagen, in denen sie Bezüge zu eigenen Beispielen nahmen. Davon wurde 13 Mal der Vergleich zum Menschen hergestellt. Sowohl *botanische* als auch *zoologische* Beispiele wurden mit den Menschen verglichen.

7.2.2.9 Fazit der kategorienbasierten deskriptiven Auswertung in Bezug auf die erhobenen Alltagsvorstellungen

Die Schülervorstellungen der Befragten zur Anpassung und Angepasstheit bei Pflanzen und Tieren lassen sich in sechs Hauptkategorien und 30 Kategorien abbilden. Diese Kategorien wurden von den SchülerInnen unterschiedlich kombiniert (Abbildung 8) und bei verschiedenen Beispielen unterschiedlich angewendet.

Eine Schülervorstellung zur Anpassung ist demnach ein komplexes Gebilde, welches sich aus den definierten Kategorien dieses Kategoriensystems II zusammensetzt. Eine Kategorie kann als Teil einer gesamten Vorstellung zu einem Sachverhalt verstanden werden. Das unterschiedlich häufige Vorkommen der Kategorien und die verschiedenen Kombinationen, in denen sie bei jedem Probanden bzw. jedem Beispiel auftreten, geben Aufschluss darüber, wie die Vorstellungen der

SchülerInnen aufgebaut sind und inwieweit die Aussagen der SchülerInnen von dem Beispiel abhängen.

Anhand der kategorienbasierten Auswertung ist zu erkennen, dass die SchülerInnen die Anpassbarkeit der Pflanzen und Tiere erfassen. Gleichzeitig haben die SchülerInnen Schwierigkeiten damit, den Prozess der Anpassung wissenschaftlich korrekt darzustellen und die zeitliche Dimension der Entwicklung zu begreifen.

Der Vergleich der Beispiele mit eigenen Beispielen lässt vermuten, dass das individuelle Antwortverhalten der SchülerInnen auf die subjektiven Erfahrungen mit den unterschiedlichen Beispielen zurückgeführt werden könnte. Die SchülerInnen produzieren imaginative Vorstellungen (Marohn 2008) und übertragen dabei ihr Wissen von *bekannt* Beispielen auf neue Sachverhalte und *unbekannte* Beispiele.

Die Analyse der Alltagsvorstellungen zum Begriff Anpassung zeigt, dass die Vorstellungen zu diesem Begriff im lebensweltlichen Umfeld mit anderen Vorstellungen verknüpft sind als im wissenschaftlichen Kontext (Kapitel 7.2.1). Die Betrachtung der Kategorien lässt Verknüpfungen von wissenschaftlichen und Alltagsvorstellungen erkennen. Die SchülerInnen verknüpfen ihre lebensweltliche Auffassung von Anpassung mit dem Begriff und übertragen diesen auf die Anpassung im evolutionären Kontext. Dieses vermeintliche Wissen zu dem eigentlich unbekanntem Prozess der evolutionären Anpassung kann durch die Sprache in den Schülervorstellungen etabliert worden sein (Möller 2010). Folglich lassen sich beispielsweise die geäußerten Vorstellungen des aktiven und zielgerichteten Anpassens anthropomorphen Grundgedanken zuordnen. Die SchülerInnen gehen davon aus, dass Pflanzen und Tiere, wie sie selbst, aktiv und zielgerichtet handeln (Kapitel 8).

Mit Hilfe der Kategorien lassen sich im Folgenden die Konsistenz der Vorstellungen und die Differenziertheit einzelner Schülersaussagen feststellen. Konsistente Vorstellungen lassen sich bei denjenigen SchülerInnen finden, deren Antworten dieselben Kategorien bei unterschiedlichen Beispielen beinhalten. Weiterhin lassen sich anhand der Kategorien Schlussfolgerungen über die Differenziertheit der Schülersaussagen ziehen.

Dementsprechend sollen die folgenden Einzelfallanalysen die Erkenntnisse zur Konsistenz und Differenziertheit der Schülerantworten und den Einfluss der Beispiele analysieren und präsentieren.

7.2.3 Ergebnisse der Einzelfallanalysen

Die Einzelfallanalysen ermöglichen die zentrierte und gründliche Analyse einzelner SchülerInnen in Hinblick auf die Fragestellungen (F2, F3, F4, F5, und F6, Kapitel 5) (Kuckartz 2012). Sie stellen die Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ und die Vorstellungen zur evolutionären Anpassung sieben ausgewählter SchülerInnen vertiefend dar und sind anhand der Hauptkategorien des

Kategoriensystems II (Kapitel 11.6) strukturiert. Die Unterschiede im Antwortverhalten der SchülerInnen bezüglich der verschiedenen Beispiele wurden tiefgreifender untersucht.

Anhand der Ergebnisse der Einzelfallanalysen wurden für jeden Einzelfall Ansatzpunkte für ein mögliches Lernangebot abgeleitet, welche ausführlicher in Kapitel 7.2.4 erläutert werden.

Die Ergebnisse der Einzelfallanalysen stellen alle vorhandenen Teilvorstellungen der SchülerInnen zur Anpassung bei Pflanzen und Tieren dar (Anhang 11.7, Tabelle 32; Anhang 11.4) und repräsentieren ausgewählte Antwortmuster in Bezug zu den Beispielen, der Konsistenz und der Differenziertheit der Antworten. Die Reihenfolge der dargestellten Probanden spiegelt die Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede der Schülervorstellungen wider. Zu Beginn werden die SchülerInnen dargestellt, die eine ontogenetische Entwicklung beschrieben haben oder für die es keine Entwicklung im evolutiven Sinne gibt. Nachfolgend werden die Einzelfallanalysen der SchülerInnen mit phylogenetischen Vorstellungen zur Entwicklung abgebildet.

7.2.3.1 Einzelfallanalyse SIn1

Das Interview mit SIn1 dauerte 21 Minuten. Alles in allem wurden 59 codierte Segmente (Codings) den verschiedenen Kategorien zugeordnet.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

SIn1 versteht unter dem Begriff „Anpassung“ die aktive Anpassung von Tieren, wie beispielsweise das Anpassen eines Chamäleons an die direkte Umgebung. Die Anpassung bezogen auf den Menschen ist ihrer Meinung nach die äußerliche aktive Anpassung. Beispielsweise passen sich Menschen an, indem sie einen Kleidungsstil wählen (Absatz 4-6). Sie verbindet mit dem Begriff „Anpassung“ ein aktives und zielgerichtetes äußerliches Angleichen einer Person, sie beschreibt jedoch keine Ursache dafür.

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit

SIn1 nennt eine Vielzahl verschiedener Formen der Angepasstheit: Einerseits beschreibt sie „Merkmalsausprägungen“, wie die Haare des Edelweißes (Absatz 95) oder „Merkmalsausprägungen mit Funktionen“, wie die Stacheln des Kaktus als Abwehr gegen Fressfeinde (Absatz 35). Andererseits nennt sie das „Verhalten“ als Angepasstheit, beispielsweise das Kriechen der Agamen am Boden (Absatz 139) (Tabelle 13). Zu dem Agamen-Beispiel äußert sich SIn1 nur in Form von Angepasstheiten. Sie erkennt den Vorteil von Tarnung (Absatz 135), geht jedoch nicht auf den Entwicklungsprozess der Hautfarbe ein.

Entwicklungsprozess

Der Prozess der Anpassung wird von SIn1 nicht im evolutionären Kontext beschrieben. Sie beschreibt die Entwicklung von Merkmalsausprägungen bei allen Beispielen, außer dem der Agamen, mit der Entwicklung von Merkmalen im Laufe des Lebens eines Individuums (Kategorie „Ontogenese“).

Das Beispiel „Giraffe“ beinhaltet eine Aussage zur aktiven Anpassung der Giraffe (Absatz 115), die durch den Nachteil des kurzen Halses der Vorfahren der heutigen Giraffen begründet wird. Der Entwicklungsprozess des langen Halses wird nachfolgend jedoch als Ontogenese beschrieben (Absatz 123).

Während der Thematisierung des Agamen-Beispiels vergleicht SIn1 die Fähigkeit des Farbwechsels der Chamäleons mit der Anpassung der Agamen.

Zeitliche Dimension

SIn1 hat die Vorstellung der zeitlichen Dimension einer Entwicklung über „30-50 Jahre“ (Absatz 123).

Allgemein

Neben dem Vergleich der Agamen mit den Chamäleons sowie der Kakteen mit Bäumen setzt SIn1 die Angepasstheit der Kakteen in Bezug zum Menschen. Ihrer Meinung nach haben die Stacheln den Sinn und Zweck, dass Menschen den Kaktus nicht berühren wollen (Absatz 35). Sie setzt also ihr bekannte Beispiele mit der Entwicklung der vorgegebenen Beispiele in Zusammenhang.

Tabelle 13: Vorstellungen von SIn1 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Kaktus	Maulwurf	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Zeitliche Dimension	Lebenszyklus					1	
Entwicklungs-ebene	Populationsebene					1	
	Individualebene		2	1	1	1	
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	3	2	2	2		4
	Merkmalsausprägung mit Funktion	1	1	3	2		1
	Funktion	2					
	Verhalten	1		2			2
Gründe und Auslöser der Anpassung	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)		1		2		
	Vorteil/Nachteil				1	1	
	Perfektion			1			
	Notwendigkeit				1	1	
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung					1	
	Ontogenese		2	1	1	1	
Variation	Populationsdenken			1			

Zusammenfassend beschreibt SIn1 die Anpassung ausschließlich als Ontogenese. Sie nimmt häufig Bezug auf den Menschen, indem sie das Verhalten von Pflanzen und Tieren mit dem menschlichen Verhalten vergleicht.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten der Schülerin

Die Angepasstheit der Arten wird von SIn1 bei allen Beispielen erkannt. Sie formuliert den Entwicklungsprozess bei keinem Beispiel im evolutiven Kontext, sondern bleibt ausschließlich bei der Erklärung der Individualentwicklung. Die Beispiele unterscheiden sich nur in der Ausführlichkeit der beschriebenen Angepasstheit. Zu den *zoologischen* Beispielen formuliert sie mehr Formen der Angepasstheit als zu den *botanischen*.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Angepasstheit als Vorteil

Da SIn1 die Merkmalsausprägungen bei den Arten als Angepasstheit erkennt, wäre es nach der konstruktivistischen Lerntheorie sinnvoll, an diesem Punkt anzusetzen (Kapitel 4.1.2). Sie beschreibt sowohl bei *zoologischen* als auch bei *botanischen* Beispielen im Interview einige Vorteile der genannten Angepasstheiten. Dabei scheint sie sich die Vorteile aus den Alltagsvorstellungen und dem beobachtbaren Merkmal der Beispiele herzuleiten. Dem Kaktus beispielsweise verschaffen ihrer Meinung nach die Stacheln den Vorteil, „*nicht gestört zu werden*“ (Absatz 35).

Variation innerhalb einer Population verstehen

Die Variationen zwischen den Individuen einer Art werden von SIn1 nicht beschrieben. Da dies die Grundlage der Anpassung darstellt, könnte zunächst dieses Thema anhand der selbst erkannten Merkmalsausprägung mit der Schülerin erarbeitet werden.

Entwicklung von Merkmalsausprägungen im evolutiven Sinne

Da die Schülerin keine Anpassung im evolutiven Sinne beschreibt, sollte ihr verdeutlicht werden, dass es diese gibt. Ausgehend von dem Vorhandensein der Angepasstheit könnte sie motiviert werden, deren Zustandekommen zu hinterfragen.

Das Thema „natürliche Selektion“ könnte ausgehend von Variation und den Vorteilen der Angepasstheit direkt als ein passiver, vom Zufall bestimmter Prozess vermittelt werden.

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung

Die Assoziationen der SIn1 zur Anpassung (Alltagsvorstellungen) beinhalten eine aktive und zielgerichtete Vorstellung von Anpassung. Bei der Vermittlung der Anpassung im evolutiven Sinne könnte deshalb der passive, vom Zufall bestimmte und nicht zielgerichtete Prozess im Vordergrund stehen. Die Varianten des Begriffs „Anpassung“ könnten der Schülerin verdeutlicht werden.

Einsatz originaler Objekte und nutzen des eigenen Interesses

Der Einsatz der Abbildungen im Interview hat gezeigt, dass SIn1 die beobachtbaren Merkmalsausprägungen erkennt und ihr vorhandenes Wissen dadurch aktivieren kann. Wenn die Schülerin die Angepasstheit am originalen Objekt beobachten würde, könnten gleichzeitig die Lernmotivation und auch das Hinterfragen der Entwicklung solcher Strukturen gesteigert werden.

Weiterhin sollte SIn1 Merkmalsausprägungen bearbeiten, die sie selbst am meisten interessieren; denn sie bringt im Gespräch immer wieder eigene Beispiele mit ein.

Bezug zum Menschen

Die Schülerin nimmt im Interview häufiger Bezug zu den Menschen. Als Ansatzpunkt für das Lernangebot könnten deshalb Inhalte anhand des Beispiels Mensch sinnvoll sein.

7.2.3.2 Einzelfallanalyse S11

Das Interview mit dem Probanden S11 dauerte knapp 16 Minuten. Insgesamt wurden 27 Codings den verschiedenen Kategorien zugeordnet.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

S11 verbindet mit dem Begriff „Anpassung“ das Angleichen der Menschen an die gegebenen Lebensbedingungen. Als Beispiel nennt er das Sich-anpassen an die Gesetze in anderen Ländern. Andere bzw. neue Voraussetzungen führen seiner Meinung nach zu einer notwendigen Anpassung, welche für ihn einen aktiven und zielgerichteten Prozess darstellt (Absatz 3-5).

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit, Entwicklungsebene und Entwicklungsprozess

S11 hat die Vorstellung Merkmalsausprägungen seien vorhanden, entwickeln sich jedoch nicht im evolutiven Sinne weiter. Dies formuliert er explizit bei den Beispielen Maulwurf, Kaktus und Edelweiß. Bei den anderen Beispielen wird dies aus dem Verlauf des Interviews ebenfalls deutlich

(Absatz 110 ff). Folglich gibt es neun Äußerungen zur Angepasstheit, jedoch keine zur zeitlichen Dimension der Entwicklung und zur Entwicklungsebene (Tabelle 14).

Das Agamen-Beispiel verdeutlicht die Vorstellung der nicht vorhandenen Entwicklung. Er behauptet, dass die Agamen durch Regen entstanden seien (Absatz 131). Erklärt jedoch im Nachfolgenden nicht, inwieweit dies geschah. Trotzdem findet sich in der Beschreibung von S11 die Vorstellung der aktiven Anpassung der Agamen wieder. Diese bezieht sich auf das Angleichen an die Umgebung, das zielgerichtet sei (Tabelle 14) (Absatz 121). Diese Vorstellung kommt bei S11 parallel zur Vorstellung der nicht vorhandenen Entwicklung vor. Die Vorstellung der aktiven Anpassung bezieht sich auf die Fähigkeit des Farbwechsels in bestimmten Situationen und die Vorstellung „keine Entwicklung“ auf das Nichtvorhandensein der Entwicklung im evolutiven Sinne.

Zum Giraffen-Beispiel äußert sich S11 ein einziges Mal zur Entwicklung einer Merkmalsausprägung. Er beschreibt eine graduelle Entwicklung, die durch die Lebensbedingungen begründet wird (Absatz 111).

Gründe und Auslöser

S11 äußert drei Aussagen zu den Gründen und Auslösern der Anpassung, welche zum Giraffen- und Agamen-Beispiel formuliert wurden. Diese beziehen sich auf die abiotischen und biotischen Faktoren, sowie auf den Vorteil, der durch die Angepasstheit zustande kommt (Tabelle 14).

Variation

S11 hat die Vorstellung, es gebe keine Entwicklung von Merkmalsausprägungen, dennoch äußert er bezüglich des Maulwurfs die Vorstellung, alle Individuen hätten ein unterschiedliches Erscheinungsbild (Absatz 42 f).

Tabelle 14: Vorstellungen von S11 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Maulwurf	Kaktus	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	1			2		
	Merkmalsausprägung mit Funktion	1	2	1	1		
	Funktion		1				
Gründe und Auslöser	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)					1	
	Feinde und Konkurrenten (biotische Faktoren)						1
	Vorteil/Nachteil						1
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung						1
	Keine Entwicklung		1	1	1		1
	Graduelle Entwicklung					1	
	Zielgerichtete Anpassung						1
Variation	Populationsdenken		1				

Insgesamt zeigt sich bei S11 die Vorstellung, dass Entwicklung von Merkmalsausprägungen im evolutiven Sinne nicht stattfindet.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten des Schülers

S11 formuliert zu fast allen Beispielen die Vorstellung der nicht vorhandenen Entwicklung. Allerdings äußert er zu der anders formulierten Fragestellung beim Giraffen-Beispiel eine graduelle Entwicklung des langen Halses.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Weiterentwicklung eines Merkmals

S11 hat die Vorstellung es gäbe keine Entwicklung von Merkmalsausprägungen. Die Frage nach dem Prozess der Entwicklung einer vorgegebenen Merkmalsausprägung, ausgehend von einer Ausgangssituation, bringt S11 im Interview jedoch in einen kognitiven Konflikt (Giraffen-Beispiel). Er beschreibt die Entwicklung des langen Halses der Giraffe als graduell. Dies könnte als Ansatzpunkt dienen, die ansonsten konsistente Fehlvorstellung zu hinterfragen.

Variation innerhalb einer Population verstehen

Ein weiterer Ansatzpunkt für S11 könnte die von ihm genannte Variation innerhalb einer Art sein. Er formuliert bei einem Beispiel (Maulwurf) die Variation der Individuen innerhalb einer Art. Dabei vertritt er die Vorstellung, dass diese einfach vorhanden sei, ohne sich entwickelt zu haben.

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung

Seine Assoziationen zum Begriff Anpassung beinhalten eine aktive und zielgerichtete Vorstellung von Anpassung. Bei der Vermittlung der Anpassung im evolutiven Sinne sollte deshalb im Vordergrund der passive, vom Zufall bestimmte und nicht zielgerichtete Prozess stehen. Die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten des Begriffs könnten dem Schüler verdeutlicht werden.

Unterschiedliche Vorstellungen in einer Klasse nutzen – Heterogene Lerngruppe

Die Vorstellung von S11 unterscheidet sich deutlich von denen der meisten befragten SchülerInnen. Dies könnte genutzt werden, um Diskussionen innerhalb einer heterogenen Lerngruppe zu fördern, in der jeder seine Vorstellung reflektieren und bewerten kann.

7.2.3.3 Einzelfallanalyse S7

Das Interview mit S7 dauerte 19 Minuten; insgesamt 72 Segmente wurden codiert.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

Mit dem Begriff „Anpassung“ verbindet S7 die aktive und zielgerichtete Anpassung des Menschen an unterschiedliche Kulturen. Eine solche Anpassung sei beispielsweise das veränderte Verhalten der Menschen an einem Urlaubsort (Absatz 3-5). Der Auslöser und somit der Anlass für die Anpassung ist für ihn hierbei die sich ändernde Umgebung.

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit

S7 nennt zunächst bei allen Beispielen mindestens eine Angepasstheit, um die Entwicklung der Merkmalsausprägungen zu beschreiben (Tabelle 15).

Zeitliche Dimension

Er ist der Meinung, die Entwicklung dieser Angepasstheit dauere Jahrhunderte.

Entwicklungsebene

S7 formuliert die evolutionäre Anpassung zu den Beispielen „Kaktus“ und „Giraffe“ auf Populationsebene, zu den anderen Beispielen auf Individualebene.

Variation

S7 beschreibt bei den Kakteen die Variation innerhalb einer Art (Absatz 37), bei den Maulwürfen dahingegen formuliert er seinen Eindruck von der Ähnlichkeit der Individuen dieser Art (Absatz 65 ff) (Tabelle 15).

Entwicklungsprozess

S7 formuliert Anpassung immer als einen zielgerichteten und aktiven Prozess. Seine Vorstellungen beinhalten eine vom Körper willentlich gesteuerte Anpassung (Intentionalität). Er formuliert vier Aussagen zur Kategorie „einfach entwickelt“, welche er mit der Kategorie „aktive Anpassung“ erweitert. Zu jedem Beispiel beschreibt er die Notwendigkeit der Anpassung und begründet sie immer mit den vorhandenen Lebensbedingungen. Teilweise wird die Begründung durch die Lebensbedingungen um weitere Auslöser bzw. Gründe erweitert. Folglich kommt es bei den Beispielen „Kaktus“ (Absatz 29) und „Agamen“ (Absatz 107) zur Begründung mit dem Vorteil, den die Individuen durch die Anpassung haben.

Tabelle 15: Vorstellungen von S7 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Kaktus	Maulwurf	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Zeitliche Dimension	Jahrhunderte		1	1	1		
	Entwicklungsebene		1			1	
Angepasstheit	Individualebene			2	1		2
	Merkmalsausprägung	3			1		1
	Merkmalsausprägung mit Funktion			3	1		1
	Funktion		1				
	Verhalten			1	2		
Gründe und Auslöser der Anpassung	Gründe für die Angepasstheit		1	1	1		1
	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)	1	1	2	1	1	1
	Feinde und Konkurrenten (biotische Faktoren)						1
	Vorteil/Nachteil		1				2
Entwicklungsprozess	Notwendigkeit	1	2	1	1	1	2
	Aktive Anpassung	1	1	2	1	1	3
	Keine Entwicklung			1			
	Einfach entwickelt		1	1	1		1
Variation	Zielgerichtete Anpassung	1	1	1	1	1	4
	Typologisches Denken			1			
	Populationsdenken		1				

Zusammenfassend beschreibt S7 bei allen Beispielen die Anpassung als einen zielgerichteten und aktiven Prozess. Bei allen Beispielen werden neben der Notwendigkeit der Anpassung die gegebenen Lebensbedingungen als Kausalität vom Schüler genannt. Dies stimmt mit der Alltagsvorstellung vom Begriff „Anpassung“ überein.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten des Schülers

S7 formuliert eine eher konsistente Vorstellung von Anpassung bei unterschiedlichen Beispielen. Konsistent ist, dass bei allen Beispielen die aktive zielgerichtete Anpassung aus der Notwendigkeit heraus beschrieben wurde.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung erörtern

S7 versteht unter Anpassung die aktive Anpassung einer Person an andere und überträgt diese Alltagsvorstellung von Anpassung (Assoziationen) auf die Beschreibung von Anpassung im evolutiven Kontext. Der Schüler sollte den Unterschied zwischen der aktiven Anpassung im lebensweltlichen Sinne und der passiven Anpassung im evolutiven Sinne verstehen lernen.

Variation innerhalb einer Population verstehen

Das Interview mit S7 zeigt keine gefestigte und keine wissenschaftlich korrekte Vorstellung von Variation und Population (Tabelle 15). Es wird deutlich, dass die Begriffe Variation und Population zunächst vermittelt werden sollten, damit S7 die Variation innerhalb einer Population begreifen und bei seinen Erklärungen von Anpassung anwenden kann.

Prinzip der Ursache und Wirkung - Perspektivwechsel

S7 nennt viele Gründe und Auslöser für die Anpassung, die von ihm in einen wissenschaftlich nicht korrekten, kausalen Zusammenhang betrachtet werden. Der von ihm konsistent genannte Grund ist die herrschende Lebensbedingung, unter der die Individuen einer Art leben.

Die erkannten Lebensbedingungen können als Ansatzpunkt für die Vermittlung natürlicher Selektion und die Klärung des Begriffs Selektionsdruck verwendet werden.

Außerdem ergänzt der Schüler bei manchen Beispielen den Überlebensvorteil der Individuen als Ursache der Anpassung. Die Mechanismen der natürlichen Selektion und der genetischen Veränderung werden von S7 jedoch nicht weiter betrachtet. Der genannte Überlebensvorteil ist wissenschaftlich korrekt, auch wenn nicht dessen langfristige Auswirkung auf die Population betrachtet wird, kann dieses Konzept als Ansatzpunkt dienen.

Individuen sind keine aktiven Akteure im Anpassungsprozess

S7 hat die Vorstellungen, die Individuen passten sich aktiv und zielgerichtet an die Lebensbedingungen an. Dies impliziert die Intentionalität der Individuen. Der Schüler sollte verstehen, dass es sich um einen passiven Prozess handelt.

7.2.3.4 Einzelfallanalyse S1

Das Interview mit S1 hat eine Länge von 26 Minuten und beinhaltet insgesamt 73 codierte Segmente.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

S1 versteht unter dem Begriff Anpassung das Anpassen einer Person an ihre Mitschüler (Absatz 21). Folglich versteht er darunter eine aktive und zielgerichtete Handlung, die von ihm mit dem Ziel „cool zu sein“ begründet wird (Absatz 19).

Er formuliert zudem Aussagen zu Tieren: Seiner Meinung nach passen sich Tiere an die Jahreszeiten an. Der Grund und Auslöser für die Anpassung ist die sich verändernde Jahreszeit. Es handelt sich also erneut um eine aktive Anpassung an die Lebensbedingungen. Als Beispiel nennt er den Verlust des Winterfells der Hunde als Angepasstheit und begründet ihn mit der nicht mehr notwendigen Funktion des wärmenden Fells im Sommer (Absatz 23-25).

Darstellung der Vorstellung zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit

S1 erkennt bei jedem Beispiel verschiedene Merkmalsausprägungen mit oder ohne Funktion (Tabelle 16). Nur beim Giraffen-Beispiel nennt er neben dem langen Hals keine weiteren Merkmale.

Gründe und Auslöser

Er nennt zahlreiche verschiedene Gründe für die Anpassung der Arten, folglich verteilen sich seine Antworten über viele Kategorien dieser Hauptkategorie (Tabelle 16). Sowohl abiotische, biotische Faktoren und deren Veränderungen als auch Vor- bzw. Nachteile nennt er als Gründe und Auslöser für Anpassung.

Entwicklungsebene

Die Anpassung beschreibt er als Entwicklung der Merkmalsausprägungen in vier von sechs Fällen auf der Individualebene. Ausschließlich beim Agamen-Beispiel formuliert er die Anpassung als auf der Populationsebene stattfindend (Absatz 196) (Tabelle 16).

Entwicklungsprozess

Die *bekannteren* Beispiele, z.B. „Kaktus“, „Maulwurf“ und „Giraffe“ beinhalten die Beschreibung einer passiven Anpassung. Diese wird von S1 immer zusammen mit der graduellen Entwicklung von Merkmalsausprägungen dargestellt. Die Beschreibung der Anpassung der Maulwürfe (Absatz 114) und Kakteen (Absatz 69) beinhaltet zusätzlich Segmente der Kategorie „einfach entwickelt“ (Tabelle 16).

Die Darstellung der Entwicklung der Stacheln bei Kakteen wurde zunächst von S1 mit „*das weiß ich leider nicht*“ beantwortet (Absatz 63). Nach der Darlegung der Entwicklung von Blättern zu Dornen durch die Interviewerin wurde von S1 die graduelle Entwicklung von Merkmalsausprägungen artikuliert. Auch bei der Entwicklung der Grabhände der Maulwürfe, gab S1 zunächst an, nicht genau zu wissen, wie sich diese entwickelten. Er ging jedoch im Folgenden eigenständig auf die graduelle Entwicklung ein.

S1 wendet beim Giraffen-Beispiel ebenfalls die Vorstellung der graduellen Entwicklung an. Sowohl bei den Maulwürfen, als auch bei den Giraffen ist die Entwicklung der jeweiligen Merkmalsausprägung laut S1 notwendig.

Die Entwicklung der Haare der Edelweißpflanzen und die Entwicklung der beiden Agamenarten fanden seiner Meinung nach einfach statt (Absatz 174 und Absatz 196). Die Anpassung des Edelweißes hält er dabei jedoch, wie die des Fisches und Maulwurfs, für zielgerichtet. S1 hat die Vorstellung, die Pflanze merke die Kälte und passe sich deshalb an (Absatz 174).

Im Vergleich dazu ist die Anpassung der Agamen durch den Vorteil der Angepasstheit begründet (Absatz 198). Diese Ursache der Anpassung beinhaltet den Grundgedanken der natürlichen Selektion ansatzweise. S1 erkennt die kurzfristige Auswirkung der Angepasstheit als Vorteil.

Zeitliche Dimension

Auf die zeitliche Dimension der Anpassung geht S1 selten ein. Bei den Beispielen „Kaktus“ und „Maulwurf“ spricht er von einem Zeitraum von hunderten und tausenden Jahren, welchen er selbst als langen Zeitraum definiert.

Allgemein

S1 vergleicht häufig seine Aussagen mit anderen und neuen Beispielen. Er nimmt viermal Bezug auf alltägliche Erfahrungen. Beispielsweise vergleicht er die Größenunterschiede des Maulwurfs mit denen der Menschen, die Härchen der Edelweiß-Pflanzen mit dem Fell der Hunde und die farbliche Tarnung der Agamen mit der Fähigkeit des Chamäleons, die Farbe wechseln zu können (Anhang 11.4, Fallbezogene thematische Zusammenfassungen).

Tabelle 16: Vorstellungen von S1 zu Anpasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorien	Fisch	Kaktus	Maulwurf	Giraffe	Edelweiß	Agamen
Zeitliche Dimension	Jahrhunderte			1			
	Jahrtausende		1				
Entwicklungsebene	Populationsebene						1
	Individualebene		2	1	1	1	
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	6		2		5	
	Merkmalsausprägung mit Funktion	1	1	2		1	1
	Funktion					1	
	Verhalten		1	1			
	Gründe für die Anpasstheit		1				
Gründe und Auslöser der Anpassung	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)			1			
	Feinde und Konkurrenten (biotische Faktoren)		1	2			
	Lebensraumwechsel						1
	Verändernde Lebensbedingungen (abiotisch/biotisch)				1	1	
	Vorteil/Nachteil		1	2			1
	Notwendigkeit	1		2	1		
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung	1					1
	Passive Anpassung		1	1	1		
	Weiß nicht		1	1			
	Einfach entwickelt		1	1		1	1
	Graduelle Entwicklung		1	1	1		
	Zielgerichtete Anpassung	1		1		1	
Variation	Typologisches Denken	1					
	Populationsdenken			1		1	

Zusammengefasst hat S1 einerseits die Vorstellung die Entwicklung von Merkmalsausprägungen fände graduell und passiv statt. Andererseits beschreibt er die Entwicklung als einen aktiven Prozess, der einfach stattfindet. Er zieht häufig Vergleiche mit den Menschen.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten des Schülers

Zwischen *zoologischen* und *botanischen* Beispielen ist kein Unterschied im Antwortverhalten des Schülers zur Anpassung zu erkennen. Der Vergleich der *bekannt* und *unbekannt* Beispiele zeigt

jedoch eine ausführlichere Beschreibung von Anpassung bei den *bekannt* Beispiele. Zu den *bekannt* Beispielen äußert er die Vorstellung, die Entwicklung von Merkmalsausprägungen finde graduell und passiv statt. Bei den *unbekannt* Beispielen bleibt er bei der Beschreibung der „einfachen Entwicklung“, welche in seinen Augen eine „aktive Anpassung“ darstellt.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Bekannte Beispiele zu Beginn einsetzen

S1 formuliert differenziertere Aussagen mit wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen zu ihm *bekannt* Beispielen. Dies ermöglicht es, seine Vorstellungen als Ansatzpunkt zu nutzen.

Selbst Beispiele wählen lassen

S1 vergleicht im Interview häufig die vorgegeben Beispiele mit ihm *bekannt* Beispielen. Im Lernangebot könnte ihm deshalb die Möglichkeit gegeben werden, selbst Beispiele auszuwählen.

Weiterentwicklung eines Merkmals

Der Schüler hatte weniger Schwierigkeiten, die Anpassung anhand eines genannten Merkmals zu beschreiben. Darum könnte zu Beginn des Lernangebotes eine Merkmalsausprägung vorgegeben werden, die sich aus einer vorherigen Ausgangssituation entwickelt hat.

Variation innerhalb einer Population verstehen

S1 erkennt äußerliche Unterschiede in den Merkmalsausprägungen als Variation zwischen den Individuen einer Art. Jedoch äußert er sich nicht zu den langfristigen Auswirkungen der Variation auf die Population. Das Verständnis von Variation und Population ist die Grundlage des Verständnisses von Anpassung, deshalb sollte dies mit S1 zu Beginn des Lernangebots erarbeitet werden.

Prinzip der Ursache und Wirkung - Perspektivwechsel

S1 versteht nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung die Anpassung selbst als Wirkung. Die von S1 genannten Gründe und Auslöser für die Anpassung versteht er als Ursache für die Anpassung. Der Schüler sollte durch ein Lernangebot angeregt werden, einen Perspektivwechsel zu durchlaufen, um das Prinzip von Ursache und Wirkung fachlich korrekt auf die evolutionäre Anpassung zu übertragen (Kapitel 7.2.4).

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung erörtern

Da der Schüler als Alltagsvorstellung unter Anpassung die aktive Anpassung einer Person an andere Personen versteht, sollte dem Schüler aufgezeigt werden, dass sich Anpassung im Alltag von der Anpassung im evolutiven Kontext unterscheidet.

7.2.3.5 Einzelfallanalyse SIn5

Das Interview mit der weiblichen Probandin SIn5 dauerte 17 Minuten. Insgesamt wurden diesem Interview 47 Codings zugeordnet.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

Mit dem Begriff Anpassung verbindet SIn5 die aktive und zielgerichtete Anpassung der Menschen an die Welt. Sie beschreibt als Beispiel die Anpassung des eigenen Kleidungsstils an die aktuelle Mode und an andere Menschen (Absatz 9). Dabei nennt sie die Veränderung des Kleidungsstils als Grund für die Anpassung, sie beschreibt keine Auswirkung der Anpassung.

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit

SIn5 erkennt die Angepasstheit bei verschiedenen Beispielen.

Entwicklungsprozess

Je nach Beispiel formuliert SIn5 ihre Vorstellungen zum Entwicklungsprozess anders. Zusätzlich kommt es innerhalb eines Beispiels zur parallelen Anwendung unterschiedlicher Vorstellungen (Kategorien) innerhalb einer Hauptkategorie. So kombiniert sie die Kategorie Ontogenese mit anderen Kategorien zum Entwicklungsprozess (in 3 von 5 Beispielen; Tabelle 17).

Die Anpassung wird für die unbekanntenen Beispiele „Agamen“ und „Edelweiß“ mit Aussagen der Kategorie „einfach entwickelt“ beschrieben. Die Schülerin umschreibt die Anpassung bei diesen Beispielen mit Sätzen wie „dann haben die sich halt einfach weiterentwickelt“ (Absatz 127). Sie nennt hauptsächlich die Angepasstheit und Gründe für diese. Bei den Agamen wird deutlich, dass die Entwicklung der Angepasstheit als zielgerichtet und als eine aktive Anpassung an die Lebensräume verstanden wird (Absatz 127). Im Vergleich dazu bezieht sich SIn5 beim „Edelweiß“-Beispiel zunächst auf die Ontogenese. Es wird nicht klar, ob sie die Beschreibung der „einfachen Entwicklung“ mit der „Ontogenese“ verbindet (Absatz 97). Zu dem Beispiel „Kaktus“ formuliert die Schülerin sehr viele verschiedene Vorstellungen zur Anpassung. Einerseits hat SIn5 die Vorstellung, die Fähigkeit, Wasser

speichern zu können, sei eine aktive Anpassung des Kaktus'. Andererseits ist ihrer Meinung nach die Entwicklung von Blättern zu Stacheln vergleichbar mit der Entwicklung von Affen zu Menschen. Diese sei passiv und fände graduell statt (Absatz 45). Im Verlauf des Interviews verändert die Schülerin ihre Antworten.

So beschreibt sie z.B. die Anpassung der Maulwürfe zunächst mit Hilfe der Ontogenese, erklärt im Weiteren jedoch die Weitergabe der Merkmale durch deren Vererbung. Die Anpassung auf Grundlage der Vererbung wird von SIn5 als zielgerichtet beschrieben (Absatz 65). Sie hat die Vorstellung, eine Lebensbedingung löse bei einem Individuum die Entwicklung neuer Merkmale aus, welche daraufhin an die Nachkommen weitergegeben werden.

Die Entwicklung des langen Halses der Giraffen erklärt SIn5 mit der Vorstellung, der Gebrauch von Organen führe zur Veränderung derselben. Die Schülerin ist der Meinung, dass das Strecken des Halses über einen längeren Zeitraum zum Wachstum des Halses führe (Absatz 105).

Zeitliche Dimension

Beim Giraffen-Beispiel nennt die Schülerin einen Zeitraum von 500 Jahren, in dem sich der lange Hals der Giraffe entwickelt habe (Absatz 109). Bei allen anderen Beispielen wird ihre Vorstellung von der zeitlichen Dimension der Entwicklung nicht klar.

Gründe und Auslöser

Gründe und Auslöser für die Anpassung sind ihrer Meinung nach die Lebensbedingungen (*bekannte* Beispiele) oder der Lebensraumwechsel (*unbekannte* Beispiele). Beim Kaktus nennt sie die Notwendigkeit der Anpassung als Grund und Auslöser für die Entwicklung.

Entwicklungsebene

Trotz des Bezuges auf die Vererbung von Merkmalen beim Maulwurf-Beispiel beschreibt SIn5 die Entwicklung auf der Individualebene. Diese Vorstellung findet sich bei allen anderen Beispielen, außer dem des Edelweißes wieder (Tabelle 17).

Allgemeines

Es fällt auf, dass sie in ihren Erklärungen dreimal den Bezug zum Menschen herstellt. Beispielsweise vergleicht sie die Haare des Edelweißes mit denen der Menschen und die Grabhände des Maulwurfs mit den Fingernägeln der Menschen.

Tabelle 17: Vorstellungen von SIn5 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Kaktus	Maulwurf	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Zeitliche Dimension	Jahrhunderte					1	
Entwicklungsebene	Populationsebene				1		
	Individualebene	1	1			1	1
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	2		1	1		
	Merkmalsausprägung mit Funktion		1	1	1		1
	Funktion	3					
	Gründe für die Angepasstheit		1	1	2		1
Gründe und Auslöser für Anpassung	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)			1		1	
	Lebensraumwechsel				1		1
	Notwendigkeit		1				
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung	1	1	1			1
	Passive Anpassung		1				
	Ontogenese		1	1	1		
	Einfach entwickelt				1		1
	Graduelle Entwicklung		1				
	Gebrauch von Organen					1	
	Vererbung			1			
	Zielgerichtete Anpassung	1		1			1

Zusammengefasst formuliert SIn5 zu keinem Beispiel eine konsistente wissenschaftlich korrekte Vorstellung. Den Prozess der Anpassung beschreibt sie meist als aktiv und verbindet diese Vorstellung mit einer weiteren Kategorie zum Entwicklungsprozess.

Sie analysiert häufig das Zusammenpassen der Arten mit ihrem Lebensraum und bewertet dieses anhand der Merkmalsausprägungen der verschiedenen Arten.

Sie vergleicht häufig Merkmalsausprägungen und deren Entwicklung mit Merkmalen der Menschen (Anhang 11.4, Fallbezogene thematische Zusammenfassungen).

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten der Schülerin

Die formulierten Vorstellungen zur Anpassung der SIn5 weisen einen Unterschied zwischen den *botanischen* und *zoologischen* Beispielen auf. Bei den *zoologischen* Beispielen beschreibt die Schülerin die Anpassung als zielgerichtet, bei den *botanischen* jedoch nicht.

Ein weiterer Unterschied ist im Antwortverhalten bei *unbekannten* und *bekannten* Beispielen zu erkennen, welcher sich in der unterschiedlichen Genauigkeit ihrer Aussagen ausdrückt (Differenziertheit). Zu den *unbekannten* Beispielen wird keine klare Aussage über deren Anpassung formuliert. Sie spricht ausschließlich von der Angepasstheit und dem Zusammenpassen der Umwelt mit den Arten, während der Prozess der Anpassung nicht näher thematisiert wird. Bei den *bekannten* Beispielen hingegen versucht die Schülerin, den Prozess zu erklären. Ihre Erklärungen sind nicht immer wissenschaftlich korrekt, enthalten jedoch wissenschaftlich korrekte Aspekte: Bei den Maulwürfen beschreibt sie beispielsweise die Vererbung von Merkmalen an die Nachkommen.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Bekannte Beispiele zu Beginn einsetzen

Da SIn5 im Interview bereits Wissen zum Entwicklungsprozess anhand *bekannter* Beispiele aktivieren kann, sollten die Grundlagen des Entwicklungsprozesses zu Beginn des Lernangebotes anhand eines *bekanntes* Beispiels erarbeitet werden.

Das vorhandene wissenschaftlich korrekte Wissen, beispielsweise die Vererbung von Merkmalen beim Maulwurf, kann als Ansatzpunkt genutzt werden, um die Passivität der Individuen und die Zufälligkeit des Prozesses bei der Anpassung zu erarbeiten.

Botanisches Beispiel nutzen

SIn5 formuliert zu den *botanischen* Beispielen nicht direkt eine zielgerichtete Anpassung, deshalb könnte sich ein *botanisches, bekanntes* Beispiel gut eignen, um die Zufälligkeit des Anpassungsprozesses zu erarbeiten.

Weiterentwicklung eines Merkmals

Das Kaktus-Beispiel zeigt, dass es für SIn5 einfacher ist, die Entwicklung von einem Ausgangspunkt bis heute zu erklären (Entwicklung von Blättern zu Dornen), als die Merkmalsausprägung selbst zu erkennen und die Entwicklung des erkannten Merkmals zu beschreiben. Dies wird durch das Giraffen-Beispiel bestätigt. Deshalb könnten natürliche Selektion, Variation und zufällige Veränderungen zu Beginn nicht nur anhand eines bekannten Beispiels erarbeitet werden, sondern mit Hilfe einer genannten Angepasstheit und einer Ausgangssituation.

Variation innerhalb einer Population verstehen

SIn5 äußert bei den meisten Beispielen die Vorstellung der Entwicklung auf Individualebene, deshalb könnte zunächst der Begriff Population erarbeitet werden. Jedoch nimmt sie beim Maulwurf bereits Bezug auf die Vererbung von Merkmalen, leitet jedoch daraus nicht den Überlebensvorteil des Individuums und die langfristige Auswirkung auf die Population ab. Allgemein bewertet sie jedoch die Angepasstheit als Vorteil für die Individuen. Grund für das fehlende langfristige Denken könnte ihr fehlendes Wissen über Variation und Population sein.

Bezug zum Menschen

Da sie häufig Bezug auf den Menschen nimmt, könnte sich die Variation innerhalb einer menschlichen Population als Ansatzpunkt eignen.

Angepasstheit als Vorteil

SIn5 analysiert bei jedem Beispiel zu Beginn das Zusammenpassen der Art mit dem Lebensraum und bewertet dieses. Ihre Aufmerksamkeit für die positiven Auswirkungen des Zusammenpassens von Lebensraum und Art könnte im Lernangebot als Ansatzpunkt genutzt werden, indem hinterfragt wird, wie das „Zusammenpassen“ entstanden sein könnte und inwieweit es beständig ist.

Variation und natürliche Selektion vermitteln

Das Interview zeigt, dass SIn5 die Merkmalsausprägungen benennt, jedoch die Grundlagen zur Entwicklung dieser Angepasstheit (natürliche Selektion und die Variation innerhalb einer Population) im Verlauf des Interviews nicht wissenschaftlich korrekt beschreiben kann. Diese sollten der Schülerin mit Hilfe des Lernangebotes aufgezeigt werden

Inkonsistenz der Antworten bei verschiedenen Beispielen nutzen

Die Schülerin nutzt zahlreiche verschiedene Konzepte zur Erklärung der Entwicklung von Merkmalsausprägungen, dies könnte auf eine Unzufriedenheit ihrerseits mit ihren eigenen Vorstellungen hindeuten. Eine solche Unzufriedenheit, die sich in inkonsistenten Antworten niederschlägt, könnte als Ansatzpunkt genutzt werden, um ihr die Grundlagen der Anpassung im evolutiven Sinne direkt zu vermitteln.

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung erörtern

Die Schülerin versteht Anpassung lebensweltlich als aktive Anpassung eines Menschen an andere. Deshalb erscheint es wichtig, der Schülerin aufzuzeigen, dass sich die Anpassung im Alltag von der Anpassung im evolutiven Kontext unterscheidet und letztere nicht aktiv und zielgerichtet ist.

Unterschied zwischen Ontogenese und evolutiver Entwicklung veranschaulichen

Da sich SIn5 in Absatz 43 fragt, ob es sich um die Ontogenese oder die Entwicklung „von ganz früher“ handelt, ist es wichtig, mit ihr den Unterschied zwischen Entwicklung im Laufe eines Lebens und der Entwicklung über Generationen hinweg zu vertiefen.

7.2.3.6 Einzelfallanalyse SIn8

Das Interview von SIn8 dauerte 27 Minuten. Insgesamt wurden diesem Interview 100 Codings zugeordnet.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

Die erste Assoziation von SIn8 zu dem Begriff Anpassung sind die Entwicklungen der Menschenaffen und des Menschen. Sie nimmt in ihrer Aussage Bezug auf die Entwicklung des aufrechten Gangs, vertieft dies jedoch nicht weiter. Die Affen, bzw. Menschen passten sich ihrer Meinung nach an „das Leben“ an (Absatz 4). Die aktive Anpassung und die Notwendigkeit der Anpassung stehen in diesem Fall im Vordergrund, zudem versteht sie die Anpassung als zielgerichteten Prozess (Absatz 4-8).

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Zeitliche Dimension

SIn8 hat bei allen Beispielen die Vorstellung, Entwicklung finde über viele Jahre statt. Sie definiert diesen Zeitraum als Jahrtausende (Tabelle 18).

Angepasstheit

SIn8 erkennt bei fast allen Beispielen zahlreiche Merkmalsausprägungen mit und ohne Funktionen und beschreibt diese. Sie nennt hingegen keine Angepasstheit in Form von Merkmalsausprägung und/oder Funktion beim Giraffen-Beispiel (Tabelle 18).

Entwicklungsprozess

Zunächst beschreibt SIn8 bei jedem Beispiel eine „einfache Entwicklung“ der Merkmalsausprägung, die sie bei allen zoologischen Beispielen spezifiziert. Laut SIn8 kommt es bei den Maulwürfen und Agamen durch die Vererbung von Merkmalen zur Entwicklung neuer Merkmalsausprägungen. Diese Entwicklung kann einfach stattfinden (Maulwurf-Beispiel, Absatz 34) oder sich wie bei den Agamen graduell entwickeln (Absatz 124). Die graduelle Entwicklung begründet sie damit, sich nicht vorstellen zu können, dass die neue Merkmalsausprägung plötzlich da sei (Absatz 124). Sie nennt bei den beiden Beispielen Maulwurf und Agamen den Überlebensvorteil, den diese Arten durch die Anpassung haben.

Das Giraffen-Beispiel zeigt ihre Vorstellung von der Veränderung der Merkmalsausprägung durch eine genetische Veränderung (Absatz 97-110). SIn8 hat Schwierigkeiten zu erklären, wie es zu dieser genetischen Veränderung kommt. Deshalb personifiziert sie die „(R)evolution“ (Absatz 110), welche diese Veränderung ihrer Meinung nach hervorruft.

Die Anpassung bei bekannten, zoologischen Beispielen wird von SIn8 nicht als aktive Anpassung beschrieben. Sie wird jedoch bei den Beispielen „Giraffe“ und „Agame“ als zielgerichtet formuliert. SIn8 begründet die zielgerichtete Anpassung mit dem Vorteil der Angepasstheit.

Bei dem Maulwurf-Beispiel beschreibt sie die Anpassung als zielgerichtete Annäherung an Perfektion. SIn8 beschreibt die Entwicklung anhand der *botanischen* Beispiele als aktiven und zielgerichteten Prozess, welcher durch einen Überlebensvorteil begründet wird (Kaktus: Absatz 64; Edelweiß: Absatz 94-96).

Entwicklungsebene

SIn8 beschreibt die Anpassung teilweise auf Individual-, teilweise auf Populationsebene. Beispielsweise stellt sie die Anpassung der Giraffen basierend auf der genetischen Veränderung auf der Individualebene dar, die Entwicklung der Schaufelhände der Maulwürfe jedoch auf der Populationsebene.

Variation

SIn8 erkennt die Unterschiede zwischen den Individuen einer Population und hat somit die Vorstellung von Variation der Individuen einer Art.

Tabelle 18: Vorstellungen von SIn8 zu Angepasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Maulwurf	Kaktus	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Zeitliche Dimension	Jahrtausende		1	1		1	
Entwicklungsebene	Populationsebene		1				2
	Individualebene				1	1	
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	3	1	4	2		2
	Merkmalsausprägung mit Funktion	2	3	3	4		1
	Funktion		3	1			
	Verhalten		3		1		
	Gründe für die Angepasstheit		3	2	2	1	2
Gründe und Auslöser der Anpassung	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)			1		1	1
	Zellveränderung, Hormone, DNA						1
	Vorteil/Nachteil		1	1	1	2	1
	Perfektion		1				
	Notwendigkeit		1				
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung			1	1		2
	Passive Anpassung					1	1
	Einfach entwickelt		1	1	1	1	1
	Graduelle Entwicklung						1
	Vererbung		1				1
	Genetische Veränderung					1	
	Zielgerichtete Anpassung			1	2	2	1
Variation	Populationsdenken		1	1			

Zusammenfassend hat SIn8 die Vorstellung, die Entwicklung von Merkmalsausprägungen finde ausgehend von einem definierten Punkt statt. Anschließend entwickle sich etwas Besseres, welches einen Vorteil für die Individuen habe (Absatz 34; 108). Sie versteht Entwicklung als eine zielgerichtete Annäherung an Perfektion. Anhand eines einzigen Beispiels artikuliert sie außerdem eine Entwicklung durch die Veränderung des Erbgutes (Absatz 97-110). Sie geht davon aus, dass Entwicklung immer stattfindet (Absatz 34) und sie erkennt die Variation der Individuen einer Art.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten der Schülerin

Bekannte und *zoologische* Beispiele beschreibt SIn8 nicht ausschließlich mit der Kategorie „einfach entwickelt“, sondern mit weiteren Teilvorstellungen zum Entwicklungsprozess. Die Entwicklung des langen Giraffenhalses beispielsweise wird von ihr durch genetische Veränderung erklärt (differenziert). Bei *unbekannten* und *botanischen* Beispielen wie dem Edelweiß-Beispiel, ergänzt SIn8 ihre Beschreibung einer „einfachen Entwicklung“ von Merkmalsausprägungen nicht mit weiteren Teilvorstellungen.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Bekannte Beispiele zu Beginn einsetzen

SIn8 beschreibt die Anpassung bei bekannten tierischen Beispielen ausführlicher und ihre Antworten beinhalten mehr fachlich korrekte Konzepte. Sie aktiviert ihr vorhandenes Wissen über die Beispielarten und kann sich scheinbar während ihrer Erklärung verstärkt auf den Entwicklungsprozess beziehen. Dies sollte für das Lernangebot genutzt werden. Bereits bekannte Anpassungen könnten das Erlernen der abstrakten Inhalte zur Anpassung vereinfachen.

Weiterentwicklung eines Merkmals

Die Antworten von SIn8 sind am ausführlichsten und am wissenschaftlichsten, wenn das sich entwickelnde Merkmal vorgegeben ist. Deshalb sollte zunächst eine Ausgangssituation vorgegeben werden, von der ausgehend die Weiterentwicklung eines Merkmals erarbeitet werden kann.

Variation innerhalb einer Population

SIn8 zeigt eine wissenschaftlich korrekte Vorstellung der Variation zwischen Individuen einer Art, jedoch betrachtet sie dabei nicht deren Auswirkung auf die Population. Anhand beobachtbarer Variationen könnte mit SIn8 deren Bedeutung innerhalb einer Population für die Anpassung erarbeitet werden. Dabei sollte die Auswirkung der Variation auf die Nachkommen hinterfragt werden. Da SIn8 in ihren Erklärungen bereits auf die Vererbung von Merkmalen eingeht, kann die Vererbung einer Merkmalsausprägung und dessen mögliche Variationen bei den Nachkommen (Farbveränderung der Agamen oder Entwicklung der Grabhände der Maulwürfe) als Ansatzpunkt genutzt werden.

Vererbung und zufällige Mutation

SIn8 kann mehrmals im Interview die Veränderung der Gene nicht erklären und stellt diesen Vorgang selbst in Frage, deshalb sollte der Schülerin die genetische Veränderung durch zufällige Mutation

vermittelt werden. Da SIn8 auf der Ebene der Gene argumentiert, sollte die Erarbeitung auf dieser Ebene möglich sein. SIn8 sollte im Weiteren den Zusammenhang zwischen genetischer Veränderung und Variation innerhalb einer Population verstehen. Dabei könnte auf die Vererbung (Heredität) der Merkmale von Lebewesen an ihre Nachkommen eingegangen und in diesem Zusammenhang Mutation als Veränderung der DNA vermittelt werden.

Keine zielgerichtete Annäherung an Perfektion

SIn8 hat die Vorstellung Anpassung sei eine zielgerichtete Annäherung an Perfektion. Die Schülerin sollte begreifen, dass es sich um einen passiven und vor allem zufälligen Prozess handelt, der kontinuierlich stattfindet. Eine Merkmalsausprägung, die keinen direkten Vorteil mit sich bringt, könnte dies verdeutlichen.

7.2.3.7 Einzelfallanalyse S10

Das Interview mit S10 hat eine Länge von 24 Minuten und beinhaltet 44 codierte Segmente.

Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ (Explikation)

S10 formuliert seine Alltagsvorstellung von Anpassung als einen aktiven und zielgerichteten Prozess. Er versteht beispielsweise als Ursache der Anpassung ein Date mit einer Frau (Absatz 4). Ziel sei es durch das Anpassen der Kleidung oder des Verhaltens die Frau, bzw. Freundin zu beeindrucken, um diese für sich zu gewinnen (Absatz 4-12).

Als weiteres Beispiel für Anpassung nennt er die Veränderung der Farbe des Chamäleons in Abhängigkeit von verschiedenen Untergründen. Dies beinhaltet die aktive Anpassung an die Lebensbedingungen. Alle Beispiele, die S10 aus eigenem Antrieb zur Anpassungen nennt, sind Anpassungen im Laufe des Lebens eines Individuums.

Darstellung der Vorstellungen zur Anpassung (Explikation)

Angepasstheit

S10 erkennt bei allen Beispielen, außer dem Giraffen-Beispiel, zahlreiche Merkmalsausprägungen mit und ohne Funktion und beschreibt diese. Grund für die nicht genannten Merkmalsausprägungen bei den Giraffen könnte die im Interview vorgegebene Merkmalsausprägung sein.

Gründe und Auslöser

S10 nennt zwei Gründe und Auslöser für die Anpassung. Einerseits nennt er die Notwendigkeit der Anpassung bei den Maulwürfen (Absatz 78), andererseits die Veränderung in den Zellen bei den Giraffen (Absatz 152).

Entwicklungsprozess

Bezüglich des Anpassungsprozesses artikuliert S10 zwei verschiedene Vorstellungen der Entwicklung von Merkmalsausprägungen. Einerseits beschreibt er bei den Beispielen „Maulwurf“ (Absatz 76) und „Edelweiß“ (Absatz 144) die Entwicklung auf der Individualebene und als Ontogenese. Andererseits erläutert er bei den Beispielen „Kaktus“, „Giraffe“ und „Agamen“ die Entwicklung von Merkmalsausprägungen durch die Vererbung von Eigenschaften, die zu neuen Merkmalsausprägungen führt.

Die Entwicklung der Stacheln der Kakteen erläutert er mit der Kreuzung zweier verschiedener Arten, wodurch eine neue Art mit neuen Merkmalsausprägungen entstehe (Absatz 48). Die Entwicklung der langen Häuse der Giraffen führt er ebenfalls auf die Vererbung von Eigenschaften zurück, jedoch nimmt er hier Bezug auf die Variation der Nachkommen eines Giraffenpaares. Er vergleicht eine Giraffenfamilie mit einer Familie von Menschen, bei der die Nachkommen eine Mischung der Eigenschaften beider Eltern aufweisen (Absatz 152-164). Er beschreibt, dass die Variation der Eltern und deren Nachkommen zu einem langen Hals geführt haben (Absatz 147-166).

Seine Erklärungen zu der Entwicklung der Farben der Agamenarten beinhalten ebenfalls die variantenreiche Ausgangssituation der Elternpopulation, welche durch Vermehrung unterschiedlicher Varianten zur Weiterentwicklung der Farbe führte (Absatz 192).

Wenn S10 die Entwicklung als Ontogenese beschreibt, dann spricht er zuvor von Merkmalen, die seit der Geburt vorhanden sind (z.B. Fingernägel) und sich im Verlauf des Lebens weiterentwickeln. Es gibt seiner Meinung nach Merkmale, die sich im Laufe der Evolution nicht weiterentwickeln und beständig sind. Dazu nennt er als Beispiel die spitze Nase des Maulwurfs (Absatz 86).

Zeitliche Dimension

Anhand der Variation und der Vererbung beschreibt S10, dass die Entwicklung von Merkmalsausprägungen über Generationen hinweg stattfindet.

Variation

Er beschreibt die Ähnlichkeit der verwandten Individuen einer Art und erklärt zudem, dass es Unterschiede zwischen den Individuen gibt (Maulwurf-Beispiel, Absatz 90-94). Er erkennt den Zusammenhang zwischen der Variation der Eltern und deren Auswirkung auf die Nachkommen. Für ihn beinhaltet Miteinander-verwandt-sein die Ähnlichkeit und das Zusammenpassen der Individuen.

Allgemein

S10 nimmt Bezug zu aktuellen Themen seines Biologieunterrichts, z.B. Pflanzenbestäubung und nutzt die dort erworbenen Erkenntnisse, um die Entstehung der Stacheln bei Kakteen zu erklären (Absatz 42). Zudem nimmt er häufig Bezug auf den Menschen. Beispielsweise sind seiner Meinung nach die Krallen des Maulwurfs vergleichbar mit den Fingernägeln der Menschen (Absatz 76) und der

unterschiedlich lange Hals der Giraffen mit den verschiedenen Größen menschlicher Nasen (Absatz 156).

Tabelle 19: Vorstellungen von S10 zu Anpasstheit und Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel. Dargestellt ist die Anzahl der Codings der jeweiligen Kategorien zu den verschiedenen Beispielen. Die Reihenfolge der Beispiele in der Tabelle spiegelt die Reihenfolge der Beispiele im Interview wider. Code-Relations-Browser mit den Überschneidungen von Codings, Einheit der Analyse: Segmente. Je dunkler die Färbung des Kästchen, desto höher die Anzahl an Codings.

Hauptkategorie	Kategorie	Fisch	Kaktus	Maulwurf	Edelweiß	Giraffe	Agamen
Zeitliche Dimension	Lebenszyklus		1				
	Mehrere Generationen						1
Entwicklungsebene	Populationsebene					1	1
	Individualebene		1				
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	1	2	1	4		
	Merkmalsausprägung mit Funktion	3		3			1
	Funktion		1		1		
	Gründe für die Anpasstheit	1		2			
Gründe und Auslöser der Anpassung	Zellveränderung, Hormone, DNA					1	
	Notwendigkeit			1			
Entwicklungsprozess	Aktive Anpassung						1
	Passive Anpassung		1			1	
	Keine Entwicklung			1			
	Ontogenese			1	1		
	Einfach entwickelt					1	
	Vererbung		1			2	1
Variation	Populationsdenken		1	1			1

Zusammenfassend beruht die Vorstellung von S10 zur Anpassung auf der Entwicklung von Merkmalen durch Vererbung und der Variation der Nachkommen. Weiterhin beschreibt er immer wieder die Ontogenese und nimmt Bezug auf den Menschen.

Auswirkung des Beispiels auf das Antwortverhalten des Schülers

S10 formuliert unterschiedliche Vorstellungen zu den Beispielen. Das Antwortverhalten lässt sich jedoch weder auf die Bekanntheit des Beispiels noch auf das Beispiel selbst zurückführen.

Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Variationen innerhalb einer Population

S10 äußert die Vorstellung von der Entstehung neuer Arten, indem zwei vorhandene Arten miteinander gekreuzt werden. Er beschreibt damit die Variation als notwendige Grundlage der Entwicklung und stellt vereinfacht einen Züchtungsvorgang dar. Gleichzeitig erkennt er bei anderen Beispielen die Variation innerhalb einer Art und die Auswirkungen der Fortpflanzung zweier Individuen miteinander. Er beschreibt jedoch nicht die langfristige Auswirkung der Variationen auf die Population. Seine Vorstellung könnte als Ansatzpunkt für die Vermittlung und Festigung der wissenschaftlich korrekten Vorstellung von Variation innerhalb einer Population und deren Auswirkung verwendet werden.

Vererbung und zufällige Mutation

S10 erkennt, dass die Variation der Eltern und deren Nachkommen zu dem langen Hals der Giraffen geführt haben müsste. Er kann sich jedoch nicht herleiten, wie es zu dieser Variation gekommen ist. Er weiß, dass die Grundlagen für die Merkmale im Inneren des Menschen sind. Er selbst verwendet den Begriff Hormone, meint damit aber wahrscheinlich die Gene, die den Phänotyp bestimmen (Absatz 152).

Das kognitive Problem, dass S10 sich das Zustandekommen der Variationen nicht erklären kann, könnte genutzt werden, um die Vererbung von Merkmalen und deren Zufälligkeit zu vermitteln.

Unterschied zwischen Entwicklung als Ontogenese und Entwicklung im evolutiven Sinne

S10 nimmt bei einigen Beispielen Bezug auf die Ontogenese, bei anderen Beispielen beschreibt er jedoch die Entwicklung im evolutiven Sinne mit wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen. Im Lernangebot selbst sollten beide Formen der Entwicklung behandelt werden, damit der Schüler die Unterschiede und Zusammenhänge verstehen lernt.

Alle Merkmalsausprägungen sind Teil der evolutiven Entwicklung

S10 hat die Vorstellung, dass einige Merkmale von der Entwicklung im evolutiven Sinne nicht beeinflusst werden. Merkmale, wie die Nase des Maulwurfs, sind seiner Meinung nach beständig. Dies kann als Ansatzpunkt genutzt werden, um dem Schüler zu vermitteln, dass jegliche Merkmalsausprägungen von der evolutiven Entwicklung betroffen sein können.

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung erörtern

S10 hat die Alltagsvorstellung Anpassung sei eine aktive Angleichung einer Person an andere. Deshalb ist es wichtig, ihm aufzuzeigen, dass sich die Anpassung im Alltag von der Anpassung im evolutiven Kontext unterscheidet.

7.2.3.8 Fazit der Einzelfallanalysen

Die Einzelfallanalysen verdeutlichen, dass es zahlreiche unterschiedliche Vorstellungen der SchülerInnen zur Angepasstheit und evolutionären Anpassung gibt und diese unterschiedlich differenziert sind. Die SchülerInnen können konsistente Vorstellungen zu allen Beispielen haben oder inkonsistente Vorstellungen zu den verschiedenen Beispielen formulieren. Die Spannweite der Schülervorstellungen zur Anpassung reicht von einigen SchülerInnen, die konsistente Fehlvorstellungen zur Anpassung beschreiben bis hin zu SchülerInnen, die inkonsistente Fehlvorstellungen und gleichzeitig wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen zur Anpassung formulieren. Diese Erkenntnis zeigt die Schwierigkeit der didaktischen Strukturierung ausgehend von den einzelnen Schülervorstellungen und wird deutlich beim Vergleich der abgeleiteten Ansatzpunkte für jeden Einzelfall.

Neben den Unterschieden in den Vorstellungen gibt es auch Gemeinsamkeiten - alle SchülerInnen haben unter anderem die Angepasstheit der Beispielarten erkannt. Die SchülerInnen sollten ausgehend von den erkannten Angepasstheiten die Variation der Individuen einer Population verstehen lernen. Die Ergebnisse der Einzelfallanalysen zeigen die Bedeutung wissenschaftlich korrekter Vorstellungen zur Variation und Vererbung von Merkmalsausprägungen für das Verständnis von der evolutionären Anpassung. Viele SchülerInnen hatten Schwierigkeiten mit diesen Themen. Die Einzelfallanalysen weisen darauf hin, dass mit Hilfe einer wissenschaftlichen Vorstellung von Variation innerhalb einer Population und der Vererbung von Merkmalsausprägungen ein grundlegendes Verständnis der Anpassung konstruiert werden kann (Abbildung 9). Dies lässt sich bei den SchülerInnen S10 und SIn8 erkennen. Diese formulieren eine wissenschaftliche Vorstellung der zeitlichen Dimension von Anpassung und beschreiben die Vererbung von Merkmalsausprägungen sowie die Variation zwischen den Individuen.

Die SchülerInnen, die Fehlvorstellungen zur Variation innerhalb einer Population haben, generieren ihre Erklärungen und Fehlvorstellungen zur Anpassung anhand ihrer Alltagsvorstellungen (Abbildung 9). Dies lässt sich anhand der Einzelfallanalysen bestätigen, denn die Assoziationen zum Begriff Anpassung (Alltagsvorstellungen) stimmen mit den Fehlvorstellungen zur evolutionären Anpassung überein. Dies hat häufig eine finalistische und anthropomorphe Vorstellung von Anpassung zur Folge.

Deshalb sollten die Themen „Variation“ und „Population“ zunächst als Grundlagen vermittelt werden (Abbildung 9).

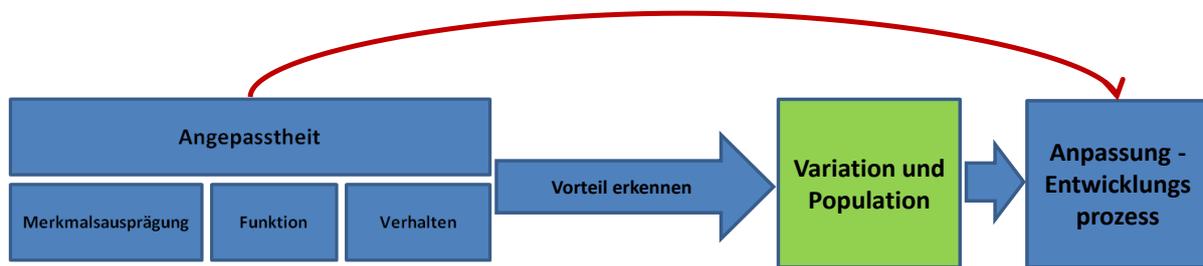


Abbildung 9: Die SchülerInnen erkennen die Angepasstheit, wenn sie deren Vorteil erkennen und die Variation innerhalb einer Population grundlegend verstanden haben. Erst dann können sie den Entwicklungsprozess verstehen. Versuchen die SchülerInnen direkt ausgehend von der Angepasstheit den Entwicklungsprozess zu beschreiben, kommt es zur Anwendung von Fehlvorstellungen (roter Pfeil).

Die anthropomorphen und finalistischen Vorstellungen beinhalten das zielgerichtete Handeln der Individuen, welches einen Veränderungswillen voraussetzt und auf eine Ursache zurückzuführen ist. Da sich dieses Erklärungsprinzip auf die Alltagsvorstellungen zurückführen lässt und das Prinzip auf einem grundlegenden kognitiven Verknüpfungsmuster basiert, wird es von den SchülerInnen auf die Tiere und Pflanzen übertragen (Biebricher 2002). Somit zeigen die Einzelfallanalysen die häufige Beschreibung einer zielgerichteten und aktiven Anpassung.

Neben den inhaltlichen Erkenntnissen über die Vorstellungen zur Anpassung geben die Einzelfallanalysen vor allem Aufschluss über den Einfluss der Beispiele auf die Beschreibungen der SchülerInnen. Es lässt sich feststellen, dass die SchülerInnen ein differenzierteres Antwortverhalten bei Fragestellungen zur Weiterentwicklung einer Merkmalsausprägung haben.

Weiterhin formulieren die Probanden differenziertere Antworten zur Anpassung bei *bekannt*en Beispielen als bei *unbekannt*en Beispielen. Differenzierte Antworten haben jedoch nicht wissenschaftliche Vorstellungen zur Folge.

Es ist zu beobachten, dass die Probanden von den *zoologischen* Beispielen auf sich selbst schließen. Eine Intention der Anpassung wird bei den *botanischen* Beispielen seltener beschrieben, dafür sind die Antworten der SchülerInnen bei *botanischen* Beispielen seltener differenziert formuliert.

Anhand der Einzelfallanalysen konnten didaktische, methodische und inhaltliche Ansatzpunkte für die Vermittlung evolutionärer Anpassung abgeleitet werden. In Zusammenhang mit den Ergebnissen der kategorienbasierten Auswertung (Kapitel 7.2.2), werden diese Ansatzpunkte ausführlicher und allgemeiner im Folgenden dargestellt.

7.2.4 Ansatzpunkte für Lernangebote (Strukturierung)

Jeder Schüler bzw. jede Schülerin kommt mit individuellen Vorstellungen in ein Lernangebot zur evolutionären Anpassung; dies verdeutlichen die Ergebnisse der Hauptstudie. Die kategorienbasierte Auswertung und die Einzelfallanalysen zeigten jedoch auch, dass es zu Überschneidungen der Vorstellung der SchülerInnen kommt. Anhand der Untersuchung der Lernerperspektive konnten die folgenden Ansatzpunkte zur didaktischen Strukturierung eines Lernangebotes herausgearbeitet und die Fragestellung F6 (Welche inhaltlichen, didaktischen und methodischen Ansatzpunkte lassen sich auf der Grundlage der Schüleraussagen für die Strukturierung von Lernangeboten ableiten?) beantworten werden.

Die Ansatzpunkte sollen als Grundlage für die Konzeption von Lernangeboten oder Unterrichtsstunden dienen. Dazu können bestimmte Ansatzpunkte ausgewählt werden, um die evolutionäre Anpassung zu vermitteln. Nicht alle Ansatzpunkte können kombiniert werden. Es kann zu inhaltlichen Überschneidungen der Ansatzpunkte kommen, weil diese anhand sieben unterschiedlicher SchülerInnen abgeleitet wurden.

Didaktische Überlegung - Verwendung geeigneter Beispiele

Anhand der Schülervorstellungen dieser Untersuchung lässt sich einerseits die Verwendung *bekannter* und *zoologischer* Beispiele zu Beginn des Lernangebotes empfehlen, andererseits nachfolgend den Einsatz *botanischer* Beispiele zur Erarbeitung der Zufälligkeit und nicht Zielgerichtetheit der Anpassung. Die Verwendung verschiedener und zahlreicher Beispiele zur Vermittlung von evolutionärer Anpassung scheint ebenfalls sinnvoll zu sein.

Bekannte Beispiele zu Beginn einsetzen

Die Assoziationen der Lernenden mit *bekannten* Beispielen ermöglichen die Vorstellungen der SchülerInnen als Ansatzpunkt für das Lernangebot zu nutzen. Die Einzelfallanalysen zeigen, dass bei *bekannten* Beispielen von den SchülerInnen Wissen zum Entwicklungsprozess aktiviert werden kann (z.B. SIn5, S1). Deshalb könnten die Grundlagen des Entwicklungsprozesses zu Beginn anhand eines *bekanntes* Beispiels erarbeitet werden. Es erscheint sinnvoll, vorhandenes Wissen bei *bekanntes* Beispielen anzuwenden, um die Grenzen der eigenen Vorstellung zu begreifen. Mit Hilfe eines Lernangebotes könnten die Lerner angeregt werden, das vorhandene Wissen zur Anpassung zu überprüfen und zu hinterfragen, um neues Wissen zu konstruieren (konstruktivistische Lerntheorie) und das vorhandene Wissen zu erweitern.

Die Verwendung *bekannter* Beispiele zu Beginn eines Lernangebotes erscheint zudem sinnvoll, da einige SchülerInnen im Interview ausführlichere Beschreibungen zur Anpassung bei *bekanntes*

Beispielen äußern (z.B. SIn8). Zudem beinhalten die Antworten bei einigen SchülerInnen mehr fachlich korrekte Konzepte, wenn sie die Anpassung anhand *bekannter* Beispiele darstellen. Bereits *bekannte* Angepasstheiten könnten das Erlernen der abstrakten Inhalte zur Anpassung vereinfachen.

Botanisches Beispiel nutzen

Anhand der *botanischen* Beispiele wird seltener die Anpassung als ein zielgerichteter Prozess beschrieben, deshalb könnte sich ein *botanisches bekanntes* Beispiel gut eignen, um die Zufälligkeit der Anpassung zu erarbeiten.

Weiterhin wird die Vorstellung der „Gebrauch von Organen“ führe zur Anpassung bei *botanischen* Beispielen nicht angewendet. Die Inkonsistenz der Vorstellung zwischen *botanischen* und *zoologischen* Beispielen könnte genutzt werden, um Diskussionen über die eigenen Vorstellungen hervorzurufen.

Weiterentwicklung eines Merkmals

Den Lernenden sollte zu Beginn des Lernangebotes eine Merkmalsausprägung mit vorheriger Ausgangssituation vorgegeben werden, um die Entwicklung dieser Merkmalsausprägung zu erarbeiten. Beispielsweise kann, wie im Interview, die Entwicklung des langen Halses der Giraffen ausgehend von kurzen Hälsen mit den SchülerInnen oder die Entwicklung der Blätter zu Dornen bei Kakteen erarbeitet werden. Die Interviews zeigen, dass einige SchülerInnen weniger Schwierigkeiten haben, eine genannte Merkmalsausprägung und dessen Entwicklung zu erläutern.

Weiterhin ist allgemein der Einsatz von Beispielen mit vorgegebener Merkmalsausprägung empfehlenswert: Die Vorgabe einer sich bereits entwickelten Merkmalsausprägung, wie dem langen Hals der Giraffe, könnte die SchülerInnen mit der Fehlvorstellungen, die Entwicklung von Merkmalsausprägungen existiere nicht, in einen kognitiven Konflikt versetzen. Basierend auf der Conceptual-Change-Theorie (Posner et al. 1982, Kapitel 4.1.3) kann dies zur Veränderung von Vorstellungen führen. Hierdurch könnte der Lehrende die Möglichkeit erhalten, den Lernenden trotz der Fehlvorstellung zu motivieren, sich mit der Entwicklung von Merkmalsausprägungen auseinanderzusetzen.

Wissenschaftlich korrekte Vorstellung auf unbekannte Beispiele übertragen

Nach der Erarbeitung der wissenschaftlichen Vorstellung anhand *bekannter* Beispiele inklusive Vorgabe der Merkmalsausprägungen sollten diese Vorstellungen auf *unbekannte* Beispiele übertragen werden, um die Vorstellung zu festigen (Komplexitätsebene: Anwenden). Das Anwenden

des Wissens zeigt, ob die Lernenden die Prinzipien der Anpassung im evolutiven Kontext verstanden haben (siehe auch *Anpassung anhand vieler Beispiele erarbeiten*).

Abschließend sollten die SchülerInnen ein weiteres Beispiel bearbeiten, bei dem vermieden wird, die Angepasstheit als Ziel zu beschreiben. Deshalb sollte auf die Ausgangssituation der Entwicklung bestimmter Merkmalsausprägungen im Folgenden verzichtet werden. Somit sollte deutlich werden, dass es neben der Weiterentwicklung von Merkmalsausprägungen auch die Neuentstehung von Merkmalen gibt.

Anpassung anhand vieler Beispiele erarbeiten

Die Interviews zeigen, dass SchülerInnen unterschiedliche Vorstellungen zur Anpassung bei verschiedenen Beispielen haben. Die SchülerInnen sollten die Anpassung zunächst anhand eines Beispiels verstehen, nachfolgend jedoch auf weitere Beispiele übertragen. Dadurch sollten die Gemeinsamkeiten aller Beispiele verstanden und die Vorstellungen gefestigt werden. Diese Erkenntnis bestätigt das Vorgehen im Sinne des *Conceptual Change*: Lernende sollen die Möglichkeit erhalten, ihre neuen Vorstellungen anzuwenden und Vorhersagen basierend auf diesen Vorstellungen für ein Problem formulieren (Smith 2010).

Inhaltliche Aspekte

Verständnis der zeitlichen Dimension von Anpassung

Wenige SchülerInnen beschreiben die Anpassung im Verlauf von mehreren Generationen. Für die SchülerInnen sind hunderte Jahre bereits ein langer Zeitraum. Deshalb sollte hier angesetzt werden und es sollte versucht werden, den SchülerInnen ein Verständnis der Anpassung über Generationen zu vermitteln. Wie bei einigen SchülerInnen in den Interviews könnte dies unter anderem durch die Vermittlung der Variation innerhalb einer Population in Zusammenhang mit der Vererbung gelingen.

Variation innerhalb einer Population

Die SchülerInnen haben Schwierigkeiten mit den Begriffen „Variation“ und „Population“. Deshalb müssen diese zunächst verstanden werden. Durch das Verstehen der Variationen innerhalb einer Population sollten langfristige Auswirkungen einer Veränderung auf eine Population für die SchülerInnen nachvollziehbar werden.

Die Variation innerhalb einer Population kann durch die direkte Beobachtung von Variationen zwischen Individuen einer Population erarbeitet werden. Ein *zoologisches* und *bekanntes* Beispiel wäre die Schnabellänge der Finkenschnäbel einer Art. Ein weiteres *zoologisches* Beispiel für Variationen zwischen Individuen kann der Admiral *Vanessa atalanta* sein. Anhand der Variationen in den Flügelmustern kann die Variation der Individuen beobachtet werden. Für das Beobachten an

originalen Objekten würden sich *botanische* Beispiele eignen: Die unterschiedliche Blütenlänge verschiedener Individuen einer Fuchsien Population (*Fuchsia boliviana*), die unterschiedlichen Farben der Blüten der Wunderblume (*Mirabilis jalapa*) oder die verschieden gezähnten Grundblätter von Individuen einer Hirtentäschelkraut Population (*Capsella bursa-pastories*) könnten den SchülerInnen die Variation einer Merkmalsausprägung verdeutlichen. Ein weiteres *botanisches* Beispiel könnte die Variation des Modellorganismus *Arabidopsis thaliana* darstellen. Unter identischen Bedingungen wachsen Individuen einer Art sehr unterschiedlich. So kommt es zu einer großen Spannweite morphologischer Verschiedenheiten und zu Unterschieden im Größenwachstum (Max-Planck-Gesellschaft 2010).

Ausgehend von der Variation bei einer Art könnte folglich thematisiert werden, welchen Vorteil diese Variationen für die Individuen haben könnten. Bereits Darwin konnte anhand der Unterschiedlichkeit der Individuen einer Population die natürliche Auslese ohne die Grundlagen der Genetik erklären (Darwin 2006). Wie er könnten auch die SchülerInnen ausgehend von den beobachtbaren Unterschieden die Auswirkungen dieser auf die Nachkommen hinterfragen.

Das Zustandekommen von Variation könnte im Folgenden über die Vererbung von Merkmalen erklärt werden. Hierbei kann der Bezug zum Menschen hergestellt werden. Als alltagsbezogenes Beispiel könnten die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Menschen sowie nahen Verwandten erarbeitet werden. Das Interesse an der eigenen Art und der eigenen Familie sollte das Interesse am Lernen steigern, denn im Interview nehmen die SchülerInnen immer wieder Bezug auf den Menschen (Einzelfallanalysen, Kapitel 7.2.3).

Ziel sollte sein, dass die SchülerInnen begreifen, dass es Variationen zwischen Individuen gibt und diese auf der Fortpflanzung und Vererbung beruhen. Außerdem sollen die Lernenden im nächsten Schritt verstehen, dass Variation die Anpassung (bzw. Veränderung von Merkmalen) ermöglicht. Da dieses Verständnis von Variation und Population die Grundlage des Verständnisses von Anpassung ist, sollte dies zu Beginn erarbeitet werden.

Angepasstheit als Vorteil

Die SchülerInnen erkennen während des Interviews zahlreiche Merkmalsausprägungen als Angepasstheit und beschreiben sowohl bei *zoologischen* als auch *botanischen* Beispielen einige Vorteile der genannten Angepasstheiten. Diese Vorteile werden von den SchülerInnen nicht immer wissenschaftlich korrekt dargestellt. Ausgehend von den selbst erkannten Merkmalsausprägungen sollten mit den SchülerInnen die Vorteile für die Individuen als Angepasstheit wissenschaftlich korrekt erarbeitet werden. Im Rahmen der konstruktivistischen Lerntheorie erscheint es sinnvoll an das Wissen der SchülerInnen anzuknüpfen (Kapitel 4.1.2). Anhand des Kakteen-Beispiels könnten neben dem Vorteil des Schutzes vor Fressfeinden, der Verdunstungsschutz und die Möglichkeit Wasser speichern zu können, erarbeitet werden. Weitere Formen der Angepasstheit und dessen

Vorteil könnten beispielsweise mittels der Tarnung bei Tieren (z.B. Zipfelkrötenfrosch) oder pflanzlicher Oberflächen (z.B. Brennhaare der Brennnessel) erworben werden. Im Vordergrund sollte der Vorteil, der durch die Merkmalsausprägung deutlich wird, stehen. Ausgehend von dem Vorteil für das Individuum sollte die Auswirkung eines solchen Vorteils auf die Nachkommen der Individuen und somit die Population erarbeitet werden (natürliche Selektion). Hier kann erneut Bezug zur „Variation innerhalb einer Population“ genommen werden.

Oftmals erkennen die SchülerInnen den Vorteil des Zusammenpassens der Art mit ihrem Lebensraum. Dieses Zusammenpassen kann im Lernangebot als Ansatzpunkt genutzt werden, indem hinterfragt wird, wie dieses Zusammenpassen entstanden sein könnte und inwieweit es beständig ist. Dadurch wird die Variation einer Population und die Selektion erneut thematisiert und das konstruierte Wissen weiter gefestigt.

Unterschiedliche Selektionsdrücke

Die am häufigsten genannten „Auslöser und Gründe“ der Anpassung sind die abiotischen Lebensbedingungen. Diese können als Ansatzpunkt genutzt werden, um sie als Selektionsdruck zu vermitteln. Im Folgenden könnten weitere Selektionsdrücke erarbeitet und in Zusammenhang zur Anpassung gesetzt werden.

Variation und natürliche Selektion vermitteln

Keine der Schülerinnen und keiner der Schüler konnten die Grundlagen zur Entwicklung der Angepasstheit (natürliche Selektion und die Variation innerhalb einer Population) im Verlauf des Interviews konsistent wissenschaftlich korrekt beschreiben. Diese Grundlagen des Entwicklungsprozesses sollten den SchülerInnen mit Hilfe eines Lernangebot aufzeigt werden. Wobei das Integrieren der zufälligen Mutation zu weitreichend für die 7. Klasse erscheint, da diese auf dem Verständnis genetischer Grundlagen basiert.

Mit Hilfe einer Simulation könnte der Einfluss verschiedener Selektionsdrücke auf eine Population mit verschiedenen Varianten simuliert werden. So könnten die Grundlagen der Selektion in Zusammenhang mit der Variation der Individuen veranschaulicht werden (siehe auch „Prinzip der Ursache und Wirkung – Perspektivwechsel“).

Prinzip der Ursache und Wirkung - Perspektivwechsel

Viele SchülerInnen dieser Untersuchung verstehen die Anpassung nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung als Wirkung. Im wissenschaftlichen Sinne sind die Ursache und Wirkung jedoch gemeinsam die Anpassung (Abbildung 10).

Die SchülerInnen nennen zahlreiche Gründe und Auslöser für die Anpassung als Ursache dieser. Damit die SchülerInnen eine wissenschaftliche Vorstellung von Anpassung konstruieren, sollten sie einen Perspektivwechsel durchlaufen. Sie sollten verstehen, dass eine bestimmte Lebensbedingung nicht der Auslöser für ein Merkmal, wie beispielsweise der Nahrungsmangel für die Entwicklung des langen Hals der Giraffe ist, sondern die zufällige Veränderung eines Merkmals und der daraus resultierende Vorteil dazu führen, dass diese Individuen eine höhere Fitness haben.

Mit Hilfe unterschiedlicher Beispiele können zunächst die Umweltfaktoren, die die SchülerInnen erkannt haben, als Selektionsdruck und somit als ein Teil der Ursache verstanden werden. Die erkannten Lebensbedingungen könnten als Ansatzpunkt für die Vermittlung natürlicher Selektion und die Klärung des Begriffs „Selektionsdruck“ verwendet werden. Die SchülerInnen werden demnach im Sinne des Modells der didaktischen Rekonstruktion dort abgeholt, wo sie stehen (Gropengießer 2006).

Pflanzen sind standortgebunden, deshalb könnte die Auswirkung eines solchen Selektionsdruckes anhand *botanischer* Beispiele einfacher zu begreifen sein, als bei *zoologischen* Beispielen. Damit die Lernenden jedoch nicht die Vorstellung festigen, die Umwelt sei der direkte Grund und Auslöser und somit die Ursache für Anpassung, sollte deutlich werden, dass die Variation der Individuen eine weitere Ursache darstellt. Die Variation innerhalb der Population steht in Wechselbeziehung mit den Lebensbedingungen. Nach dem Prinzip von Ursache und Wirkung sind beispielsweise bei den Kakteen die trockenen und heißen Lebensbedingungen (Selektionsdruck) sowie die Variation der Blattbreite und Länge als Ursache der Anpassung zu verstehen. Der unterschiedliche Fortpflanzungserfolg der Individuen (Fitness) einer Population stellt die Wirkung der Anpassung dar (Abbildung 10; Abbildung 11). Deshalb sollten diese drei Aspekte und deren Wechselbeziehungen von den SchülerInnen verstanden werden. Um dies zu verdeutlichen könnte eine Simulation zur natürlichen Selektion eingesetzt werden. Diese sollte zeigen, welche Auswirkung ein Selektionsdruck (z.B. Lebensbedingung) auf variierende Individuen und deren Population hat.

Neben *botanischen* Beispielen eignen sich ebenfalls *zoologische*, denn die SchülerInnen erkennen den Vorteil der Tarnung bei den Agamen als Grund und somit als Ursache für die Anpassung. Dieser Ansatzpunkt könnte genutzt werden, um die Variation der Individuen mit dem Überlebensvorteil als Ursache für die Anpassung zu vermitteln und um die Perspektive der langfristigen Auswirkung zu erweitern (Abbildung 10).

Die Wechselwirkung mehrerer Selektionsdrücke sollte abschließend thematisiert werden, um Fehlvorstellungen hinsichtlich eines einzigen Selektionsdruck, zu unterbinden. Es sollte deutlich werden, dass das Zusammenspiel mehrerer Faktoren die Anpassung beeinflusst.

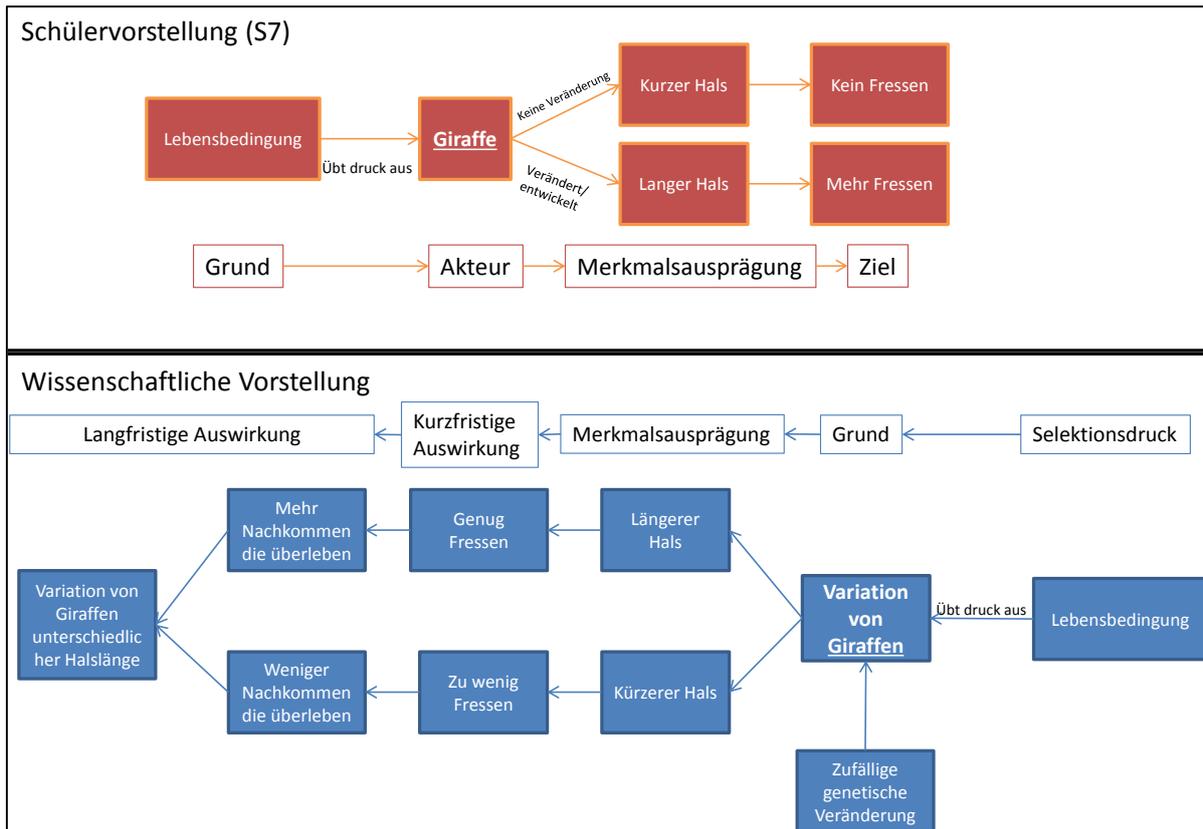


Abbildung 11: Exemplarischer Vergleich der Schülervorstellung mit der wissenschaftlichen Vorstellung. Die Wechselbeziehung von Anpassung und Lebensbedingung wird bei beiden Vorstellungen deutlich, der kausale Zusammenhang unterscheidet sich jedoch. Der zentrale Punkt ist das Verständnis von Variation unter Giraffen, welche verdeutlicht, dass Entwicklung nicht bei einem Individuum stattfindet.

Keine zielgerichtete Annäherung an Perfektion- Anpassung als selektionsbedingten Prozess verstehen

Die Vorstellung Anpassung sei eine zielgerichtete Annäherung an Perfektion ist wissenschaftlich nicht korrekt. Obwohl diese Vorstellung Teil der historischen Vorstellung des Botanikers und Zoologen Lamarck ist, welcher die graduelle Entwicklung der Lebewesen hin zur „Perfektion“ beschrieb (Mayr 1982). Die SchülerInnen sollten begreifen, dass es sich um keinen zielgerichteten Prozess handelt. Mittels einer Beobachtung von Merkmalsausprägungen, die keinen direkten Vorteil mit sich bringen, kann dies thematisiert werden (z.B. gezähnte oder ganzrandige Blätter beim gewöhnlichen Hirtentäschelkraut – *Capsella bursa-pastoris*). Den SchülerInnen könnte somit gezeigt werden, dass es kein Ziel und keine angestrebte Perfektion gibt. Mit Hilfe eines Spiels könnte die Entwicklung dieser beiden Blattmorphologien simuliert werden. Die Variation innerhalb einer Population und die zufälligen Mutationen können dabei erneut aufgegriffen werden.

Vererbung und zufällige Mutation

Wenige SchülerInnen erkennen, dass die Variation der Eltern und deren Nachkommen zur Anpassung führen. Diese SchülerInnen verstehen jedoch nicht, wie es zu dieser Variation kommt. Sie wissen, dass die Grundlagen für die Merkmale im Inneren des Individuums sind.

Damit diese SchülerInnen begreifen, wie es zu der Weiterentwicklung der Merkmale und zu der Variation von Merkmalen kommt, könnten ihnen die Grundlagen der Genetik vermittelt werden. Dies kann jedoch nicht mit allen SchülerInnen erarbeitet werden (siehe „Variation und natürliche Selektion vermitteln“). Da jedoch einige SchülerInnen auf der Ebene der Gene argumentieren, sollte ihnen die Erarbeitung auf genetischer Ebene ermöglicht werden. Es könnte der Zusammenhang zwischen genetischer Veränderungen und Variationen innerhalb einer Population erarbeitet werden. Dabei könnte auf die Vererbung (Heredität) der Merkmale von Lebewesen an die Nachkommen eingegangen (z.B. intermediärer Erbgang Wunderblume - *Mirabilis jalapa*) und in diesem Zusammenhang Mutation als Veränderung der DNA vermittelt werden. Die Variation der Nachkommen wird beim intermediären Erbgang deutlicher als beim dominant-rezessiven Erbgang (z.B. Farbe der Erbsenblüten – ein Gen ein Merkmal)

Unterschied zwischen Entwicklung als Ontogenese und Entwicklung im evolutiven Sinne (Phylogenese)

Einige SchülerInnen verwechseln die Ontogenese mit der Entwicklung von Merkmalsausprägungen im Laufe der Evolution. Andere beschreiben ausschließlich die Ontogenese als Entwicklung von Merkmalsausprägungen. Diesen SchülerInnen sollte der Unterschied und der Zusammenhang dieser beiden Formen der Entwicklung aufgezeigt werden. Es ist wichtig, mit den SchülerInnen den Unterschied zwischen der Entwicklung im Laufe eines Lebens und der Entwicklung über Generationen zu erarbeiten. Mit Hilfe einer Definition der beiden Begriffe und der Gegenüberstellung der beiden Formen der Entwicklung sollten die SchülerInnen diese fachlich korrekt voneinander getrennt erklären können.

Entwicklung von Merkmalsausprägungen im evolutiven Sinne

Da einige SchülerInnen keine Anpassung im evolutiven Sinne beschrieben haben, sollte diesen verdeutlicht werden, dass es Entwicklung im evolutiven Sinne gibt.

Alle Merkmalsausprägungen sind Teil der evolutiven Entwicklung

Eine Schülervorstellung beschreibt, dass einige Merkmale nicht von der Entwicklung im evolutiven Sinne beeinflusst werden. Merkmale wie die Nase des Maulwurfs seien beständig. Dies kann als Ansatzpunkt genutzt werden, um den SchülerInnen zu vermitteln, dass jegliche

Merkmalsausprägungen betroffen sein können. Dazu kann die Rückentwicklung der Augen bei Höhlensalmmler (*Astyanax mexicanus*) oder Riesenkrabbenspinne (*Sinopoda scurion*) erarbeitet werden. Weiterhin könnte die Erarbeitung der Anpassung anhand zahlreicher Beispiele und Merkmalsausprägungen helfen.

Unterschiede zwischen Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung von Anpassung erörtern

Da die SchülerInnen als Alltagsvorstellung unter Anpassung meist eine aktive Anpassung eines Menschen an andere verstehen, ist es wichtig, den SchülerInnen aufzuzeigen, dass sich Anpassung im Alltag von der Anpassung im evolutiven Kontext unterscheidet. Wie bei Cypionka (2012) sollte an die lebensweltliche Vorstellung angeknüpft werden und den SchülerInnen aufgezeigt werden, dass Anpassung im evolutiven Kontext nicht vom Individuum gesteuert wird, sondern passiv ist.

Methodisches Vorgehen

Unterschiedliche Vorstellungen in einer Klasse nutzen – Heterogene Lerngruppe

Da sich die Vorstellungen der SchülerInnen von der wissenschaftlichen Vorstellung von Anpassung unterscheiden, können diskontinuierliche Lernwege nach der Conceptual-Change-Theorie verfolgt werden. Ziel sollte es daher sein, die SchülerInnen in einen kognitiven Konflikt zu bringen und somit selbst eine wissenschaftliche Vorstellung konstruieren zu lassen (Duit 1995). Dieser kognitive Konflikt kann unter anderem durch die gegensätzlichen Vorstellungen der einzelnen SchülerInnen ausgelöst werden. In einer heterogenen Lerngruppe, in der alle Lernenden verschiedenes Vorwissen aktivieren, wird während einer Gruppenarbeit schnell deutlich, welche Schwierigkeiten und Grenzen bei der Anwendung eigener Vorstellungen auftauchen. Das Bewusstwerden der eigenen Vorstellung und die Diskussion mit anderen Lernenden, sollten zu einem kognitiven Konflikt führen. Dieser Ansatz würde demnach die *Konfliktstrategie* (Möller 2010) verfolgen. Das Darlegen der wissenschaftlichen Vorstellung als Input regt weitere Diskussionen an und alle Lerner einer Kleingruppe können über die Grenzen und Vorteile ihrer Vorstellung von Anpassung reflektieren. Daraus folgt die Möglichkeit, neues Wissen zu konstruieren (*Conceptual Change*). Der Input der wissenschaftlichen Vorstellung könnte auf unterschiedliche Art und Weise gegeben werden. Wichtig ist, dass dieser einen passiven und vom Zufall bestimmten Entwicklungsprozess, welcher auf der Variation der Individuen basiert, vermittelt.

Inkonsistenz der Antworten bei verschiedenen Beispielen nutzen

Die SchülerInnen nutzen zahlreiche verschiedene Vorstellungen zur Erklärung der Entwicklung von Merkmalsausprägungen, somit kann von einer Unzufriedenheit mit den Vorstellungen ausgegangen

werden. Deshalb kann diese Inkonsistenz als Ansatzpunkt genutzt werden, um die Grundlagen der Anpassung im evolutiven Sinne direkt zu vermitteln.

Einsatz originaler Objekte und Nutzen des eigenen Interesses

Der Einsatz der Abbildungen im Interview hat gezeigt, dass die SchülerInnen auch bei *unbekannten* Beispielen Merkmalsausprägungen erkennen und vorhandenes Wissen dadurch aktivieren können. Wenn die SchülerInnen die Angepasstheiten an originalen Objekten beobachten können, könnte gleichzeitig die Lernmotivation und auch das Hinterfragen der Entwicklung solcher Strukturen gesteigert werden. Der Einsatz originaler Objekte minimiert zudem den Abstraktionsgrad (Gropengießer & Kattmann 2008). Da der Prozess der Anpassung sehr abstrakt ist, sollte das Thema Angepasstheit so wenig wie möglich abstrakt aufgegriffen werden. Weiterhin könnten die SchülerInnen Merkmalsausprägungen bearbeiten, die sie selbst am meisten interessieren, denn einige SchülerInnen bringen im Gespräch immer wieder eigene Beispiele mit ein.

Das Untersuchen pflanzlicher Oberflächen (Haare, Wachse, Schuppen, etc.) könnte sich sehr gut eignen, um das Thema Angepasstheit zu vertiefen, weil die SchülerInnen sich aus zahlreichen Pflanzenarten und unterschiedlichsten Oberflächen selbst ein Beispiel heraussuchen könnten. Der Vergleich pflanzlicher Oberflächen in unterschiedlichen Lebensräumen (Wüste, Regenwald, Gebirge, etc.) kann die Angepasstheit einiger Pflanzenarten aufzeigen. Im Folgenden könnte die Variation der Individuen an einem originalen Objekt beobachtet (siehe S1) und auf die Entwicklung solcher Merkmalsausprägungen eingegangen werden.

Bezug zum Menschen

Einige SchülerInnen nehmen im Interview Bezug auf den Menschen. Ein Lernangebot sollte deshalb diesen Bezug aufgreifen. Denn somit wird an dem vorhanden Wissen der SchülerInnen angeknüpft und dies könnte das Interesse und die Motivation an dem neuen Sachverhalt steigern. Dabei sollte klar herausgearbeitet werden, dass der Mensch, wie jedes andere Lebewesen keinen aktiven Anteil an der Anpassung hat (siehe „Individuen sind keine aktiven Akteure in Anpassungsprozess“).

Ausgehend von den Ansatzpunkten ergeben sich drei Schwerpunkte für die Konzeption verschiedener Lernangebote für botanische Gärten:

- 1) Variation innerhalb einer Population anhand *botanischer* und *zoologischer* Beispiele
- 2) Angepasstheit in der Pflanzenwelt
- 3) Evolutionäre Entwicklung einer Merkmalsausprägung

Im Folgenden wird die Konzeption eines Lernangebots zum dritten Schwerpunkt beschrieben.

7.3 Konzept des Lernangebots zur Simulation der Entwicklung der Mammutbaumrinde

Ein weiteres Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist das Lernangebot zur Simulation der evolutionären Entwicklung der Mammutbaumrinde. In Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung wurde das Lernangebot zur Weiterentwicklung der Rindendicke einer Mammutbaumpopulation mehrfach erprobt und dafür in ein Modul zur „Angepasstheit und Anpassung bei Pflanzen“ eingegliedert (Anhang 11.9).

Die Forschungsergebnisse der vorliegenden Untersuchung zur Schülervorstellung von evolutionärer Anpassung dienten als Grundlage der Konzeption des Lernangebots. Ausgehend von den ermittelten Ansatzpunkten „Weiterentwicklung eines Merkmals“, „Variation innerhalb einer Population“, „Variation und natürliche Selektion vermitteln“, „Verwendung botanischer Beispiele“ und „Unterschiedliche Vorstellungen in einer Klasse nutzen – Heterogene Lerngruppe“ wurde das Lernangebot konzipiert.

Anhand eines Simulationsspiels und eines Quiz sollten die Lernenden ihre Vorstellungen zur Entwicklung eines Merkmals aktivieren, reflektieren und diskutieren. Damit die Lehrenden zukünftig die Möglichkeit haben in der weiteren Unterrichtsplanung an den Alltagsvorstellungen der SchülerInnen anzusetzen.

7.3.1 Fachliche Klärung (Sachanalyse)

Mammutbäume (Unterfamilie *Sequoidieae*) gehören zu der Familie der *Cupressaceae*. Die Unterfamilie besteht aus drei Gattungen mit je einer Art (Krüger 2014). Eine Art dieser Unterfamilie ist der Küstenmammutbaum (*Sequoia sempervirens*). Der Küstenmammutbaum gehört zu den sogenannten „Redwoods“ an der Küste Kaliforniens und Südoregon (Noss 2000).

An der Küste entsteht durch den Pazifik häufig Nebel und so können die hohen Bäume mit ihren Nadeln Wasser aus dem Nebel kämmen und aufnehmen (Noss 2000). Dies ermöglicht in trockenen Perioden die Versorgung der riesen Bäume mit ausreichend Wasser.

Nahe Verwandte der Küstenmammutbäume sind die Riesenmammutbäume, oder auch Bergmammutbaum genannt (*Sequoiadendron giganteum*) (Krüger 2014, Noss 2000). Riesenmammutbäume können, wie die Küstenmammutbäume, eine Höhe von 90-135m und einen Umfang von über 30m erreichen. Sie gelten als die höchsten noch lebenden Bäume der Welt: Der höchste je gefundene Mammutbaum war 135 m hoch, ist jedoch heute nicht mehr lebendig (Erdmann & Erdmann 2004). Der höchste heute noch lebende Riesenmammutbaum hat eine Höhe von 89m (Erdmann & Erdmann 2004). Weiterhin gehören Riesenmammutbäume zu den ältesten Bäumen und können über 3000 Jahre alt werden (RMTRR 2013).

Die Borke der Mammutbäume hat eine Dicke von bis zu 60cm (Krüger 2014). Sie ist rot-braun, sehr faserig und reich an Tanninen (Krüger 2014; Pietzarka & Roloff 2006). Durch ihre Struktur stellt sie eine ausgezeichnete Isolationsschicht für das darunter liegende Kambium dar und dient als optimale Schutzschicht gegen Feuerschäden, Pilzbefall und Insektenschäden (Krüger 2014).

Die Waldbrände in den Habitaten der Mammutbäume haben positive Auswirkungen auf die Populationen. Denn die schützende Borke ermöglicht es den Mammutbäumen Waldbrände zu überleben, Konkurrenten werden jedoch ausgelöscht. Die Zapfen der Mammutbäume werden durch die Hitze des Feuers geöffnet und die Samen freigesetzt. Folglich stehen den Samen der Mammutbäume nach dem Waldbrand ein nährstoffreicher Boden und ausreichend Licht zum Wachstum zur Verfügung (Krüger 2014, Pietzarka & Roloff 2006).

Mammutbäume sind, wie der Ginkgo-Baum und der Lungenfisch, lebende Fossilien (Noss 2000).

Die Grundlagen der evolutionären Anpassung wurden bereits in Kapitel 4.1.6 dargestellt.

7.3.2 Fachdidaktische Überlegung und Konzeption des Lernangebotes

Der Besuch im botanischen Garten in Gießen und die Teilnahme am Modul „Angepasstheit und Anpassung bei Pflanzen“ (Anhang 11.9) sollte die SchülerInnen beim „individuellen Konstruieren von Wissen“ (Möller 2010, S.58) unterstützen und den Lernprozess zur Erarbeitung der evolutionären Anpassung stimulieren.

Zu Beginn erhielten die SchülerInnen eine Führung durch den botanischen Garten in Gießen (Anhang 11.9). Anhand verschiedener Lebensräume lernten sie unterschiedliche Lebensräume und die Anpassungen verschiedener Pflanzenarten an diese kennen: Epiphyten im Regenwald (Schuppen der Tillandsien) und Kakteen in der Wüste (Dornen und Sukkulenz der Echinokakteen). Am Ende der Führung wurde der Mammutbaum (*Sequoiadendron giganteum*) gezeigt und vorgestellt, dies diente der Einleitung des Simulationsspiels. Der Verlauf einer Lerneinheit vom Natur-Phänomen zu abstrakten Zusammenhängen bzw. Theorien ist sinnvoll für deren Vermittlung (Beinbrech 2010).

Der Einsatz außergewöhnlicher Pflanzen, wie der Einsatz verschiedener Tillandsien, unterschiedliche Kakteen Arten und einer Mammutbaumart, verbunden mit ungewöhnlichen Unterrichtsmethoden, sollte motivierende Auswirkungen auf das Lernverhalten der SchülerInnen haben und das Interesse der Lernenden steigern (Strgar 2007). Zudem sollte der Einsatz lebender Organismen die Qualität des Lernangebotes erhöhen (Hoese & Nowicki 2001, Stgar 2007).

Der Einsatz von Pflanzen als Lebewesen ist laut Tunnicliffe (2001) bedeutend, da bei Kindern der Zugang zum Verständnis biologischer Phänomene vor allem über Emotionen und nicht über Fakten erfolgt. Der Einsatz des Mammutbaums an einem außergewöhnlichen Lernort, wie dem botanischen Garten, sollte einen geeigneten Zugang zu dem sehr abstrakten Thema „Anpassung“ schaffen.

Der Mammutbaum ermöglichte zunächst die Erarbeitung verschiedener Eigenschaften und Besonderheiten der Unterfamilie (z.B. Alter, Höhe, feuerfeste Borke; Anhang 11.9). Bei der Beschreibung der Borke wurde dieser Begriff didaktisch reduziert und der den SchülerInnen geläufige Begriff Rinde verwendet. Am originalen Objekt wurde den SchülerInnen danach die Simulation als Spiel vorgestellt und die Regeln sowie der Simulationsverlauf erklärt (Abbildung 12, Anhang 11.9.2 und 11.9.3), sodass die SchülerInnen die Informationen vom originalen Objekt auf die Simulation übertragen konnten.

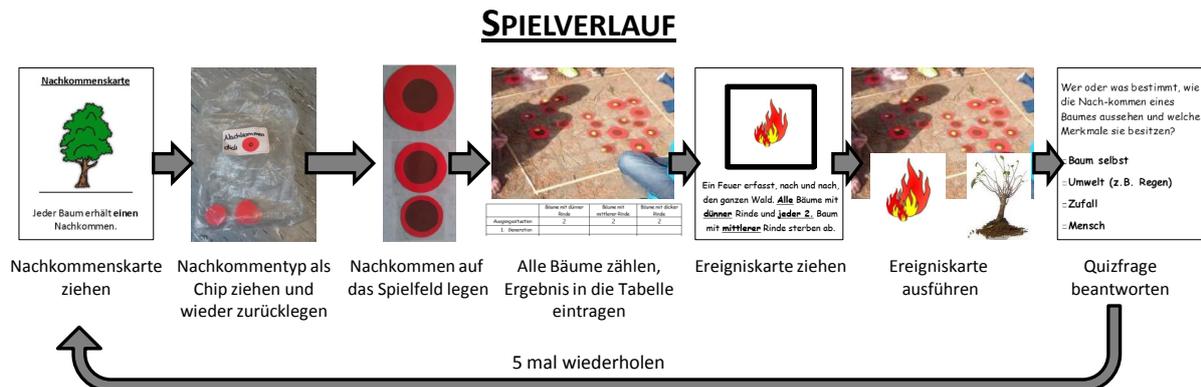


Abbildung 12: Übersicht des Spielverlaufs (Simulation), den die SchülerInnen bekamen, um den Ablauf einer Spielrunde besser nachvollziehen zu können.

Stevensons (1991) zeigte einen positiven Einfluss interaktiver Ausstellungen auf die Erinnerungen der Besucher von Museen. Dies spricht für den Einsatz einer von den SchülerInnen selbst durchgeführten Simulation zur Erarbeitung der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde. Weiterhin ist bekannt, dass das aktive Beteiligen der Lernenden eine effektive Lehrmethode ist (Alters & Nelson 2002).

Die ersten Erprobungen haben gezeigt, dass das gemeinsame simulieren einer ersten Beispiel-Generation sinnvoll ist, um den Verlauf des Spiels verständlicher zu beschreiben. Weiterhin hat sich die systematische Darstellung des Spielverlaufs (Abbildung 12) als hilfreich erwiesen – die Lernenden hatten durch den Spielverlaufsplan weniger Schwierigkeiten mit dem Einhalten der einzelnen Phasen und deren Reihenfolge.

In Vierer- oder Fünfergruppen simulierten die SchülerInnen je die Weiterentwicklung einer Mammutbaumpopulation über fünf Generationen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das Simulationsspiel ist als Simulationsmodell zu verstehen, anhand dessen verschiedene Situationen abgebildet und geprüft werden können (Meyer 1987, Baalman & Kattmann 2000, Heitzmann 2010). Durch Simulationsspiele können dynamische Prozesse der Evolution in kürzerer Zeit nachgebildet und Vorhersagen über bestimmte Prozesse getroffen werden (Wolf 2013). Evolutive Prozesse jüngeren SchülerInnen experimentell zugänglich zu machen, ist schwierig (Fenner 2013). Deshalb eignet sich der Einsatz von Simulationsspielen, um die abstrakten Inhalte, wie

beispielsweise die Weiterentwicklung von Merkmalsausprägungen innerhalb einer Population, für die Lernenden greifbarer zu gestalten.

Die Verteilung von Aufgaben an jeden einzelnen Mitspieler der Kleingruppe sollte den SchülerInnen individuelle Verantwortung übertragen und somit jeden einzelnen motivieren an der Gruppenarbeit teilzuhaben. Das „soziale Faulenzen“ oder „Trittbrettfahren“ sollte durch diese Aufgabenverteilung unterbunden werden.

Für Abwechslung im Spielverlauf der Simulation sollte ein „Quiz“ zum Mammutbaum sorgen (Anhang Abbildung 20). Dieses Quiz sollte die SchülerInnen anregen über ihre Vorstellungen zu diskutieren und diese im Sinne der Conceptual-Change-Theorie zu hinterfragen. In Form von Multiple-Choice-Fragen fragte das Quiz einerseits Faktenwissen zum Mammutbaum ab, welches in der Einleitung der Simulation den SchülerInnen präsentiert wurde. Andererseits wurden Vorstellungen zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde abgefragt und somit zur Diskussion gestellt. Die möglichen Antworten der Multiple-Choice-Fragen wurden nach den erhobenen Vorstellungen der SchülerInnen in der Hauptstudie formuliert.

Zu Beginn der Simulation sollten die SchülerInnen gemeinsam Vermutungen zur Weiterentwicklung der Rindendicke der Mammutbaumpopulation formulieren und diese begründen. Jeder konnte seine Vermutungen darstellen und die Gruppe konnte folglich über die unterschiedlichen Vorstellungen jedes einzelnen diskutieren. Dies sollte dazu führen, dass die SchülerInnen ihre Vorstellungen aktivieren und reflektieren, denn ein Merkmal für *Conceptual Change* fördernden Unterricht ist das Aktivieren vorhandener Vorstellungen (Möller 2010).

Die Veränderung der Mammutbaumpopulation während der Simulation wurde von den Lernenden in einer Tabelle dokumentiert. Während der Simulation wurden die SchülerInnen aufgefordert ihre Vermutungen mit ihren bisherigen Ergebnissen zu vergleichen. Die vorhandenen Vorstellungen wurden möglicherweise mit gegensätzlichen Ergebnissen der Simulation in Frage gestellt. Somit ermöglichte das Simulationsspiel die Angemessenheit der eigenen Vorstellung zu überprüfen. Dies ist ein Merkmal des *Conceptual Change* fördernden Unterricht nach Möller (2010).

Nach der Simulation sollten die SchülerInnen ihre Ergebnisse erneut in Zusammenhang mit der formulierten Vermutung diskutieren und somit ihre Vorstellungen hinterfragen. Der Austausch der Vorstellungen und die Argumentation sollten die Konstruktion von Wissen stimulieren (Marohn 2008, Möller 2010, Weitzel 2010). Weiterhin sollten die SchülerInnen Vermutungen zur weiteren Entwicklung der Population in den nächsten 20 Generationen aufstellen, um die erweiterte Vorstellung erneut anzuwenden und den SchülerInnen die langfristige Entwicklung einer Population zu verdeutlichen.

Jede Gruppe sollte abschließen die Ergebnisse der Simulation und die angekreuzten Antworten beim Quiz den anderen Lernenden vorstellen. Zusammen sollten die Ergebnisse diskutiert und die zuvor aufgestellten Vermutungen zur Entwicklung der Mammutbaumrinde überprüft werden. Das

Verständigen über die Vorstellungen führt laut Weitzel (2010) zuletzt zur Generierung von neuem Wissen. Da die vorhandenen Alltagsvorstellungen der SchülerInnen im Konflikt mit den vermittelten Vorstellungen der Simulation stehen können, kann das Lernangebot einen kognitiven Konflikt provoziert haben (Kapitel 4.1.3). Gleichzeitig ist es möglich, dass an vorhandene Vorstellungen angeknüpft wurde und diese durch den Austausch zwischen den Lernenden erweitert wurde (Kapitel 4.1.3). Gemäß der konstruktivistischen Lerntheorie fördert dieses Lernangebot ein aktives und situiertes Lernen.

Neben den fachlichen Kompetenzen zur Angepasstheit und Anpassung der Pflanzen, erlernten die SchülerInnen auch Fähigkeiten und Fertigkeiten in anderen Bereichen. Sie durchliefen den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess und lernten neben der Formulierung begründeter Vermutungen auch das Überprüfen derer anhand einer Simulation (Beobachtung).

Die fachliche Legitimation für das Lernangebot zur evolutiven Anpassung ergibt sich aus der Bedeutung der Evolution für die Erkenntniszusammenhänge im Fach Biologie und deren gesellschaftlicher Bedeutung (Kapitel 4.1.7). Gemeinsam lässt sich aus der Bedeutung des Themas und den zahlreichen Alltagsvorstellungen, die diese Untersuchung aufgezeigt hat (Kapitel 7.2.2 und 7.2.3), die Schülerrelevanz ableiten.

7.3.3 Ziele des Lernangebotes

Die Ziele der einleitenden Führung durch den botanischen Garten beziehen sich auf die Angepasstheit der Pflanzen. Die SchülerInnen...

- ... kennen die Lebensbedingungen der Wüste und des Regenwaldes.
- ... können je eine Angepasstheit der Pflanzen an den Lebensraum Wüste oder Regenwald nennen.
- ... können je einen Vorteil einer Angepasstheit der Pflanzen in der Wüste oder im Regenwald erläutern.

Das Lernangebot zur Simulation der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde soll der Einführung in die Thematik „Anpassung“ dienen und somit Teil der Vermittlung des evolutiven Entwicklungsprozesses von Merkmalsausprägungen sein. Folgende Ziele sollen mit der Simulation verwirklicht werden. Die SchülerInnen...

- ... reflektieren ihre Vorstellung von der Entwicklung einer Merkmalsausprägung.
- ... formulieren begründete Vermutungen zur Entwicklung der Rindendicke der Mammutbaumpopulation.
- ... diskutieren ihre Vorstellung mit denen der MitschülerInnen.
- ... überprüfen ihre Vermutungen mittels der Simulation (Beobachtung).

- ... erkennen die Variation der Nachkommen eines Individuums.
- ... können die Entwicklung des Waldbestandes innerhalb von fünf Generationen beschreiben.
- ... erkennen den Überlebensvorteil der Bäume mit dicker Rinde.
- ... können den Überlebensvorteil der Bäume mit dicker Rinde in Zusammenhang mit dem Vorhandensein der Bäume mit dünner und mittlerer Rinde erklären.
- ... erkennen, dass die Entwicklung der Mammutbaumrinde passiv erfolgt.
- ... dokumentieren ihre Ergebnisse in der Tabelle.
- ... werten die Ergebnisse aus und setzen diese in Verbindung mit ihrer zu Beginn aufgestellten Vermutung.
- ... können mindestens zwei charakteristische Eigenschaften der Mammutbäume nennen.
- ... kommunizieren ihre Vorstellung zur Entwicklung von Merkmalsausprägungen in der Großgruppe, während der Abschlussbesprechung.

7.3.4 Didaktische und methodische Überlegungen zum Simulationsspiel

Versteht man Lernen aus konstruktivistischer Sichtweise, ist das aktive und eigenständige Gestalten des Lernprozesses von großer Bedeutung. Um dies zu ermöglichen wurde das Lernangebot ausgehend von Alltagsvorstellungen der SchülerInnen in Anlehnung an die didaktische Rekonstruktion entwickelt. Da die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 in der Schule zuvor kein Unterricht zur Evolution erhalten haben, sollten sie sich deshalb zunächst ihre eigenen Vorstellungen bewusst machen. Die Simulation in Verbindung mit dem Quiz sollte dies den SchülerInnen ermöglichen. Sie wurden dadurch motiviert ihre Vorstellungen zu reflektieren und mit ihren MitschülerInnen zu diskutieren (Kapitel 7.3.2, Fachdidaktische Überlegung). Die Simulation soll die Grundlagen der Anpassung vermitteln und provoziert deshalb bei SchülerInnen mit Fehlvorstellungen einen kognitiven Konflikt.

Es gibt zahlreiche Simulationsspiele für Lernende, welche die natürliche Selektion nachvollziehbar gestalten sollen (Fenner 2013). Die meisten Simulationen beziehen sich auf die Räuber und Beute Beziehungen. Wobei die SchülerInnen die Räuber spielen und Papierschnipsel, Murmeln, Süßigkeiten etc. als Beute dargestellt werden. Dabei wird die Anpassbarkeit der Beute und natürliche Selektion vermittelt (Stebbis & Allen 1979, Kuhn et al. 1986, Baalman & Kattmann 2000, Scheersoi & Kullmann 2007, Burton & Dobson 2009). Häufig wird die Variation der Nachkommen bei solchen Simulationen vernachlässigt und die Nachkommen werden geklont (Baalman & Kattmann 2000). Ein weiteres häufig auftretendes Problem ist die Vorstellung, Menschen hätten einen Einfluss auf die evolutive Entwicklung oder der Prozess der Anpassung sei ein aktiver (Kapitel 7.2.2 und 7.2.3). Die genannten Simulationen fördern die Vorstellung der aktiven und zielgerichteten Anpassung und die Vorstellung, der Mensch hätte einen Einfluss auf die Räuber-Beute-Beziehung oder sei Teil dieser. Keine der bereits vorhandenen Simulationen bezieht sich auf die evolutionäre Anpassung der

Pflanzen, die Ansatzpunkte zeigen jedoch, dass der Einsatz eines *botanischen* Beispiels sinnvoll sein könnte. Zusammengefasst hat die Simulation der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde innerhalb einer Population folgende Vorteile:

- Passivität der Bäume (Fehlvorstellung der aktiven Anpassung wird nicht gefördert)
- Variation der Nachkommen dargestellt (Populationsgedanke wird gefördert)
- Populationsebene wird von Anfang an mit eingebunden
- Die SchülerInnen sind nicht als Akteur direkt beteiligt (der Einfluss des Menschen wird nicht hervorgehoben).
- Der Vergleich der Spielfelder der unterschiedlichen Gruppen ermöglicht es den SchülerInnen die Unvorhersehbarkeit der Entwicklung nachzuvollziehen. Dies ist eine wichtige Vorstellung, die die SchülerInnen verstehen sollen (Kampourakis & Zogza 2009).

7.3.5 Hinweise für den nachfolgenden Unterricht

Zu oft wird davon ausgegangen, dass die Lernenden bei naturwissenschaftlichen Phänomenen das sehen, was sie beobachten sollen. Häufig sehen die Lernenden jedoch etwas anderes (Duit 1995), etwas das von ihren Vorstellungen bestimmt wird (Brewer und Lambert 1993). Deshalb kann während der Simulation und der Abschlussbesprechung herausgefunden werden, was die Lernenden unter der evolutionären Entwicklung einer Merkmalsausprägung verstehen.

Im folgenden Unterrichtsverlauf sollte auf die Simulation Bezug genommen werden. Die Ansatzpunkte „*Variation innerhalb einer Population*“, „*natürliche Selektion und Selektionsdrücke*“, „*Vererbung von Merkmalsausprägungen*“ und „*Variation der Nachkommen*“ können weiterhin mit den SchülerInnen erarbeitet und vertieft werden (Kapitel 7.2.4). Die weitere Vermittlung der Grundlagen der Anpassung sollte Aufschluss über die Grenzen der Simulation geben, sodass die SchülerInnen zum Ende eine Modellkritik durchführen können. Diese sollte Folgendes beinhalten:

- Feuer ist nicht der einzige Selektionsdruck.
- Die Ressourcen eines Waldes sind nicht endlos (weitere Selektionsdrücke wie Platzmangel, Lichtmangel, Nährstoffmangel).
- Die Mammutbäume haben nicht nur ein oder zwei Nachkommen pro Jahr. Die Anzahl der Nachkommen ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig.
- Die Variation der Nachkommen ist nicht typologisch (3 Typen: Bäume mit dicker, mittlerer oder dünner Rinde). Die drei Typen veranschaulichen drei Bereiche der Rindendicke, d.h. sie bilden den Bereich unterschiedlicher Varianten mit eher dünnerer, mittlerer oder dickerer Rinde ab.
- Die Rindendicke ist zudem vom Alter der Bäume abhängig. In der Simulation sind alle Bäume eines Alters abgebildet.

Weiterhin sollen die gelernten Grundlagen zur evolutionären Anpassung auf andere Beispiele übertragen werden. Hierbei könnte die Entwicklung von Merkmalsausprägungen bei z.B. alpinen Pflanzen und bei Tieren genutzt werden. Die Anwendung des neuen Wissens auf weitere Beispiele zeigt, ob das neu Erlernte auch verstanden wurde. Durch die Anwendung wird die Vorstellung gefestigt und eine höhere Komplexität der Vorstellung im Sinne der weiterentwickelten Taxonomie nach Bloom (Krathwohl 2002) erreicht.

7.4 Ergebnisse der Evaluation des Lernangebotes

Die Evaluation des Lernangebotes mit einem Prä-Post-Test und einer teilnehmenden Beobachtung gibt Aufschluss über die erreichten Ziele des Simulationsspiels und methodische Schwierigkeiten der SchülerInnen während des Simulationsspiels.

7.4.1 Auswertung des Prä-Post-Tests

Die Erhebung der Vorstellungen vor und nach der Intervention zeigt eine Veränderung der Aussagen zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde (Tabelle 20). Es wurden alle Schülersaussagen (N=16) vor der Simulation ausgewertet und 14 Schülersaussagen nach dem Simulationsspiel. Die Post-Tests der SchülerInnen C3 und D2 waren nicht auswertbar, da entweder keine Antworten bezogen auf die Fragestellungen formuliert oder überhaupt keine Antwort gegeben wurde.

Tabelle 20: Anzahl der Kategorien vor und nach der Simulation.

Hauptkategorie	Kategorie	Anzahl vorher (N=16)	Anzahl nachher (N=14)
Entwicklungsebene	Populationsebene	11	13
	Individualebene	2	0
Angepasstheit	Merkmalsausprägung	5	3
	Merkmalsausprägung mit Funktion	9	5
Gründe und Auslöser der Anpassung	Lebensbedingung (abiotische Faktoren)	8	9
	Vorteil/Nachteil	8	9
	Fortpflanzungserfolg	1	3
	Notwendigkeit	1	0
Entwicklungsprozess	Passive Anpassung	10	10
	Weiß nicht	0	1
	Ontogenese	7	1
	Einfach entwickelt	2	3
	Vererbung	1	3
Variation	Populationsdenken	2	10

Entwicklungsprozess und Entwicklungsebene

Die Codierung der Aussagen zeigt, dass sieben SchülerInnen vor der Simulation eine Vermutung auf Grundlage der Ontogenese formulierten und begründeten. Nach der Simulation beantworteten sechs der sieben SchülerInnen die Fragestellung phylogenetisch (Tabelle 20; Anhang Tabelle 34). Beispielsweise formulierte B3 vor der Simulation die begründete Vermutung, die Bäume seien jedes Jahr ein paar cm dicker, weil sie wachsen. Nach der Simulation formulierte sie/er die Aussage, der Waldbestand entwickle sich zu Bäumen mit dicker Rinde, weil die dünne Rinde dem Feuer nicht stand hält (Anhang 11.9.7, Tabelle 34). Die Vorstellung der Phylogenese wurde bei diesen SchülerInnen durch die Simulation aktiviert.

Bis auf eine Schülerin, beschrieben alle nach dem Simulationsspiel die evolutionäre Entwicklung auf Populationsebene und aus phylogenetischer Sicht. Keiner der SchülerInnen beschrieb vor und nach der Simulation eine aktive Entwicklung der Mammutbaumrinde. Die Aussagen von zwei SchülerInnen ließen sich vor und von drei SchülerInnen nach der Simulation der Kategorie „einfach entwickelt“ zuordnen. Drei SchülerInnen beschrieben nach der Simulation die Entwicklung der Bäume mit dicker Rinde auf Grundlage der Vermehrung und Vererbung (Kategorie: Vererbung), vor der Simulation tat dies eine Person (Tabelle 20).

Variation

Vor der Simulation bezogen zwei SchülerInnen (B4 und D1) die Variation der Individuen in ihre Vermutung zur Entwicklung der Mammutbaumrinde mit ein (Tabelle 20). Nach der Simulation taten dies die beiden selben SchülerInnen erneut und acht weitere SchülerInnen nannten die Variation innerhalb der Population. Alle Teilnehmer der Gruppen B und D integrierten nach der Simulation die Variation der Mammutbäume in ihren Formulierungen.

Gründe und Auslöser

Acht der 16 SchülerInnen beschrieben den Vorteil oder Nachteil vor und nach der Simulation als Grund und Auslöser der Entwicklung. Nach der Simulation nannte ein weiterer Schüler diesen Vorteil. Den Schüleraussagen zur Folge müssen für die Aussagen nach der Einleitung der Simulation bereits weitere Kategorien definiert werden. Im Prä-Test äußerten die SchülerInnen einen weiteren Grund und Auslöser für die Weiterentwicklung der dicken Mammutbaumrinde. Die SchülerInnen beschrieben den „**Fortpflanzungserfolg**“ der Mammutbäume mit dicker Rinde, welcher im Vergleich zu denen mit dünner Rinde besser sei (Tabelle 21). Vor der Simulation nannte ein Proband diese Kategorie (D3), nach der Simulation nannten drei SchülerInnen diese Kategorie.

Tabelle 21: Neue Kategorie zur Hauptkategorie „Gründe und Auslöser“ des Kategoriensystems II.

Kategorie	Definition	Ankeritems
Fortpflanzungserfolg	Die Entwicklung einer Merkmalsausprägung begründet sich durch das Erzeugen einer höheren Anzahl an Individuen und deren Überleben.	C1: Die Dicken haben sich jedoch egal was passiert im Vergleich zu den anderen vermehrt. D3: Sie haben mehr Nachkommen, weil sie geschützt sind durch die Rinde.

7.4.2 Auswertung der teilnehmenden Beobachtung inkl. Spielbogen

Die teilnehmende Beobachtung dokumentierte die Diskussionen der SchülerInnen über ihre Vorstellungen während des Lernangebots. Bei allen Gruppen förderte vor allem das Quiz und die Begründung der Vermutungen die Diskussion der eigenen Vorstellungen (Anhang 11.9.8).

Beispielsweise diskutierten C3 und C1 über die Frage, wer bestimmt, wie und auf welche Art und Weise die Nachkommen eines Baumes aussehen. C3 war der Meinung, es sei der Zufall und C1 „die Umwelt“, C3 begründete die Aussage mit der Simulation: *"Aber es war Zufall was wir herausgezogen haben"* (Anhang 11.9.8, Gruppe C). Die offenen Quizfragen mit Mehrfachantworten führten zur Diskussion und die Simulation wurde von den SchülerInnen zur Begründung der Antworten verwendet.

Die Zufälligkeit der vorhandenen Merkmalsausprägungen wurde von den SchülerInnen während der Simulation durch das Ziehen unterschiedlicher Nachkommen beschrieben *"Aber es war Zufall was wir herausgezogen haben"* (C3).

Anhand der Gruppe A wird deutlich, dass die heterogene Zusammensetzung einer Gruppe zur Diskussion der Vorstellungen bereits vor dem Simulationsstart führte (Anhang 11.9.8, Gruppe A). Die Gruppe D, dessen Teilnehmer vor der Simulation homogenere Vorstellungen zur Entwicklung der Mamutbaumrinde formulierten, diskutierte ihre Vorstellungen zu Beginn nicht. D4 hatte vor der Simulation als einziger der Gruppe eine abweichende Vorstellung formuliert (Anhang 11.9.5) und akzeptierte die Vorstellungen der anderen ohne sie zu diskutieren.

Die teilnehmende Beobachtung zeigt weiterhin, dass die SchülerInnen, beispielsweise D1, D3 und D4 nach dem Simulationsspiel wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen äußerten. Diese basierten auf der Vererbung von Merkmalsausprägungen, der Variation der Nachkommen und der Weiterentwicklung der Population.

Die teilnehmende Beobachtung hat methodische Schwierigkeiten der SchülerInnen während des Simulationsspiels aufgezeigt. Alle Gruppen hatten zu Beginn Probleme beim Ziehen der Nachkommen aus den Nachkommensäckchen. Die folgende Aussage spiegelt das Problem wider: *„Warum muss ich denn die Plättchen zurück tun, bevor ich neue ziehe?“* (D1, Anhang 11.9.8, Gruppe

D). Die BeobachterInnen erklärten dies den SchülerInnen erneut und im nachfolgenden Verlauf der Simulation trat dieses Problem nicht weiter auf.

Alle Gruppen hatten zu Beginn ein Problem mit der Verwendung der Wendeplättchen, sie verstanden den Nutzen nicht. Auch in diesem Fall erklärten es die BeobachterInnen den SchülerInnen in den Kleingruppen ein weiteres Mal (11.9.8 z.B. Gruppe A – Während des Simulationsspiels).

Gruppe A vergaß anfänglich die Daten in der Tabelle einzutragen und notierte somit die Ergebnisse erst nach der 3. Generation. *„Dritte Generation? Oh nein, hätten es immer notieren müssen, nach jeder Generation“* (A4, Anhang 11.9.8, Gruppe A). Außerdem vergaß diese Gruppe die Quizfragen während des Simulationsspiels zu beantworten und führte diese Aufgabe erst nach der Simulation durch.

Gruppe B hatte ebenfalls Schwierigkeiten beim Beantworten der Quizfragen. Sie wollten vom Beobachter wissen, ob Mehrfachantworten möglich seien. Der Beobachter bestätigte dies im Gespräch (Anhang 11.9.8, Gruppe B).

7.4.3 Fazit der Evaluation des Lernangebotes

Die Evaluation des Lernangebotes zeigte, dass die Ziele des Lernangebotes (Kapitel 7.3.3) bei dieser Schulklasse erreicht wurden. Die SchülerInnen formulierten begründete Vermutungen zur Entwicklung der Rindendicke der Mammutbaumpopulation und erkannten den Überlebensvorteil der Bäume mit dicker Rinde. Sie äußerten ihre Vorstellungen und diskutierten diese mit den anderen SchülerInnen. Weiterhin ist ein Unterschied zwischen den Vorstellungen vor und nach der Simulation beobachtet worden, wodurch die formulierten und für die Simulation verwendeten Ansatzpunkte (Kapitel 7.3 und 7.2.4) bestätigt werden konnten.

Die SchülerInnen aktivierten phylogenetische Vorstellungen, wenn sie zuvor aus ontogenetischer Sicht die Entwicklung beschrieben haben. Somit wird der Ansatzpunkt *„Unterschied zwischen Entwicklung als Ontogenese und Entwicklung im evolutiven Sinne (Phylogenese)“* durch die Simulation bestätigt. Keiner der SchülerInnen beschrieb eine aktive Entwicklung an bestimmte Lebensbedingungen. Das Szenario gab eine Population vor. Dies in Verbindung mit der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde führte dazu, dass die SchülerInnen keine aktive und zielgerichtete Entwicklung beschrieben haben. Die Ansatzpunkte *„Weiterentwicklung einer Merkmalsausprägung“* und *„Variation einer Population“* scheinen sich folglich als sinnvoll zu erweisen. Mehr als die Hälfte der SchülerInnen äußerten nach der Simulation die Vorstellung, die Variation der Individuen stehe in Zusammenhang mit der Entwicklung des Waldbestandes in Bezug auf die Rindendicke. Dies bestätigt die Bedeutung des Ansatzpunktes *„Variation einer Population“*. Die häufiger auftretenden Diskussionen in den heterogeneren Gruppen A und B stützen den Ansatzpunkt *„Unterschiedliche Vorstellungen in einer Klasse nutzen – Heterogene Lerngruppe“*.

Der Ansatzpunkt „*Variation und natürliche Selektion vermitteln*“ wurde im Lernangebot nur teilweise behandelt, da der Mechanismus der natürlichen Selektion nicht tiefgreifend besprochen wurde. Dies könnte jedoch im weiteren Verlauf mit den SchülerInnen ausgehend von der Simulation erarbeitet werden. Zusammenfassend eignet sich das Simulationsspiel zur Aktivierung der Alltagsvorstellungen und zum Einstieg in das Thema der evolutionären Anpassung.

Die bei der Evaluation erhobenen Vorstellungen spiegeln die erhobenen Vorstellungen der SchülerInnen in den Interviews wider und erweitern die Hauptkategorie „*Gründe und Auslöser*“ um eine weitere Kategorie „*Fortpflanzungserfolg*“. Somit lässt sich abschließend festhalten, dass die Evaluation der Simulation die Ergebnisse der Interviewstudie validierte und erweiterte.

Weiterhin können zukünftig mit Hilfe der Simulation, dem Prä-Test sowie dem Kategoriensystem II die Vorstellungen der SchülerInnen zur evolutionären Entwicklung von Merkmalsausprägungen an unterschiedlichen Bildungseinrichtungen erhoben werden.

Aus den methodischen Schwierigkeiten, die beobachtet wurden, lässt sich Folgendes ableiten: In der Einführung sollte das Ziehen der Nachkommen und die Verwendung der Wendeplättchen ausführlicher erklärt werden. Weiterhin sollte auf den Spielverlaufsplan deutlicher hingewiesen werden, damit verschiedene Schritte z.B. das Notieren der Daten in der Tabelle und die Quizfragen nicht vergessen werden. Der Hinweis auf Mehrfachantworten beim Quiz, sollte weiterhin während der Simulation vom Betreuer gegeben werden, weil durch die Unwissenheit die Diskussion über die Antwortmöglichkeiten gefördert wird.

8 DISKUSSION

Ein Ziel der vorliegenden Studie war es, die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zur evolutionären Anpassung zu untersuchen und die lokalen Theorien der Vorstellungsforschung zu evolutionären Themen zu erweitern (Abbildung 13). Es gelang, mittels der Durchführung und Auswertung problemzentrierter Interviews in der Hauptstudie, die Lücke zwischen den bereits erhobenen Schülervorstellungen in der 5. Klasse (Fenner 2013) und denen älterer SchülerInnen (Baalman et al. 2004) zu schließen. Mit Hilfe eines zumeist induktiv erstellten Kategoriensystems wurde eine Vielzahl an Vorstellungen der SchülerInnen, sowie Teilvorstellungen aufgezeigt (Kapitel 7.2). Es konnten neben zahlreichen Fehlvorstellungen auch wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen beobachtet werden, welche als Anknüpfungspunkte für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen in der Jahrgangsstufe 7 dienen können (Kapitel 7.2.4).

Die Betrachtung einzelner SchülerInnen auf der Einzelfallebene erweitert die Erkenntnisse über die Vorstellungen der SchülerInnen und verdeutlicht den Einfluss der gewählten Beispiele auf das Antwortverhalten dieser. Diese Arbeit zeigt als einzige Untersuchung in der fachdidaktischen Forschung, dass sich die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zur evolutionären Anpassung der Pflanzen von denen der Tiere unterscheiden können. Weiterhin wurde bei der Erhebung der Schülervorstellungen bisher nicht zwischen *unbekannten* und *bekanntem* Beispielen unterschieden. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden Typen von Beispielen in der vorliegenden Untersuchung und die daraus resultierenden Erkenntnisse über das Antwortverhalten der SchülerInnen erweitern demnach die Ansatzpunkte für die Vermittlung evolutionärer Anpassung. Die Erkenntnisse über die Auswirkungen der unterschiedlichen Beispiele auf die Vorstellungen ermöglichen zukünftig eine sinnvolle Auswahl der Beispiele zur Vermittlung evolutionärer Anpassung.

Die Bedeutung des Themas Evolution (Kapitel 4.1.7) und die zahlreichen ermittelten Fehlvorstellungen dieser und anderer Studien zeigen, wie wichtig es ist, die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zu optimieren. Unter Betrachtung der Interviewergebnisse konnten, in Anlehnung an die didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997), methodische, didaktische und inhaltliche Konsequenzen für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen zur evolutionären Anpassung abgeleitet werden. Diese wurden in Form von Ansatzpunkten für die Vermittlung des Themas „evolutionäre Anpassung“ formuliert. Alle diese Erkenntnisse dienen der Strukturierung des Lerngegenstandes in Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell (Abbildung 13).

Neben dem Ableiten der Ansatzpunkte für Vermittlungsprozesse, war ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit, die Theorie mit der Praxis zu verbinden. Dies gelang durch die exemplarische

Anwendung der theoretisch abgeleiteten Ansatzpunkte. Anhand einiger ausgewählter Ansatzpunkte (Kapitel 7.3) wurde das Lernangebot für den botanischen Garten entwickelt, welches sich im Gegensatz zu den bisherigen Interventionsstudien auf die Entwicklung einer pflanzlichen Merkmalsausprägung bezieht. Dieses Lernangebot wurde jedoch nicht nur konzipiert, sondern das Vorgehen der SchülerInnen während der Intervention beforscht, und das Lernangebot somit evaluiert (Abbildung 13). Mit Hilfe der Evaluation konnte gezeigt werden, dass das Lernangebot die Veränderung der Schülervorstellungen hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen bewirkt.

In dieser Arbeit zeigten sich die Vorteile der Verknüpfung des Modells der didaktischen Rekonstruktion mit der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. Durch die Verknüpfung gelang es den Lerngegenstand einerseits didaktisch zu strukturieren, andererseits gelang es, ausgehend von den Schülervorstellungen, ein geeignetes Lernangebot zu entwickeln und zu evaluieren. Weiterhin konnten durch die Evaluation Lernprozesse erforscht werden und die Verknüpfung ermöglicht es zukünftig die Weiterentwicklung des Lernangebotes in einem iterativen Forschungsprozess durchzuführen.

Bereits in dieser Arbeit konnten mit Hilfe der Verknüpfung der didaktischen Rekonstruktion und der fachdidaktischen Entwicklungsforschung die lokalen Theorien erweitert werden: Durch die Evaluation wurde eine weitere Kategorie zur Identifikation der Schülervorstellungen abgeleitet (Abbildung 13). Dies verdeutlicht allgemein die Bedeutung der Verbindung von Theorie und Praxis, sowie die Erforschung der von den Schülervorstellungen ausgehend entwickelten Lernangebote. Es lässt ebenfalls vermuten, dass ein iteratives Vorgehen von Vorteil ist, um die Lernprozesse bei der Veränderung der Vorstellungen weiter zu ergründen.

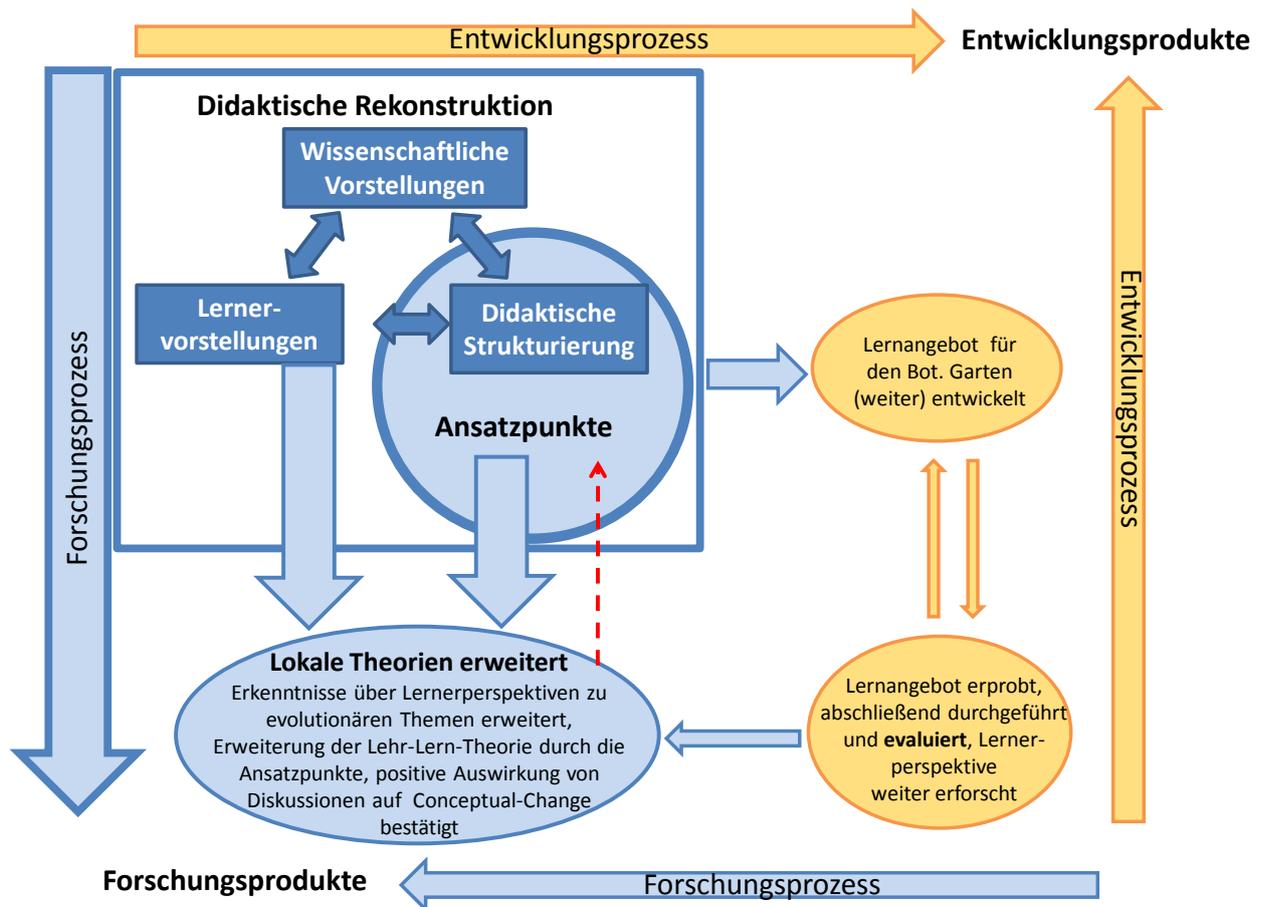


Abbildung 13: Ergebnisse der vorliegenden Studie in Anlehnung an die didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) und die fachdidaktische Entwicklungsforschung (Prediger et al. 2012). Der rote, gestrichelte Pfeil stellt einen möglichen Ausblick dieser Studie dar.

Im Folgenden finden die Diskussion der Schülervorstellungen, die in der Hauptstudie erhoben wurden, sowie die Ergebnisse der Evaluation des Lernangebotes, anhand der zentralen Erkenntnisse dieser Arbeit statt.

Die Vorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 sind facettenreich und sollen deshalb zukünftig differenziert beschrieben werden.

Die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 formulierten Vorstellungen zur evolutionären Anpassung, welche sowohl wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen als auch Fehlvorstellungen beinhalteten (Kapitel 7.2). Das entwickelte Kategoriensystem II mit 30 Kategorien zeigt, wie vielseitig die Vorstellungen der SchülerInnen zur evolutionären Anpassung sind. Da mehrere Kategorien bei einem Lernenden vorhanden sind, wird zudem veranschaulicht, dass die einzelnen Vorstellungen aus Teilvorstellungen zusammengesetzt werden (Anhang 11.8). Diese Teilvorstellungen ermöglichen es die Vorstellungen der Lernenden differenziert zu betrachten.

Dementsprechend lassen sich mit Hilfe des entwickelten Kategoriensystems II Aussagen zum Aufbau einzelner Schülervorstellungen formulieren, sowie die Differenziertheit der Schülervorstellungen bestimmen. Dies ist für die Untersuchung der Veränderung der Vorstellungen über einen kürzeren Zeitraum von großer Bedeutung, denn Alltagsvorstellungen können durch einmalige und kürzere Interventionen nicht zu vollkommen wissenschaftlich korrekten Vorstellungen verändert werden (Wandersee 1995). Mit der differenzierten Identifikation der Vorstellungen durch das Kategoriensystem II besteht die Möglichkeit, kleinschrittige Veränderungen der Teilvorstellungen zu erheben.

Die Bedeutung der differenzierten Identifikation der Vorstellungen wird durch die Kombination einer häufig vorkommenden Fehlvorstellung mit weiteren Alltagsvorstellungen im Folgenden deutlich:

Die am häufigsten formulierte Fehlvorstellung von Anpassung in der vorliegenden Untersuchung ist die Beschreibung eines aktiven und zielgerichteten Prozesses. Diese Fehlvorstellungen wurden in vorangegangenen Studien bei älteren SchülerInnen oder Studierenden ebenfalls zahlreich beobachtet (Wandersee 1995, Biebrich 2002, Baalman et al. 2004, Kampourakis & Zogza 2008). Sie wurden in einigen Studien als finalistische oder teleologische Vorstellung von Anpassung definiert (Kapitel 4.2). Weiterhin lassen sich die definierten Kategorien der Vorstellungen einer „graduellen Entwicklung“ von Merkmalsausprägungen und der Entwicklung durch „Gebrauch von Organen“, auf die von Engel Clough und Wood-Robinson (1985), Hagman et al. (2003) sowie Baalman et al. (2004) gefundenen Vorstellungen übertragen. Diese Fehlvorstellungen können als Teil einer lamarckistischen Vorstellung von Anpassung beschrieben werden (Kapitel 4.2).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die zuerst beschriebene Vorstellung eines zielgerichteten aktiven Anpassungsprozesses von einigen SchülerInnen jedoch mit der „graduellen Entwicklung“ und/oder der Entwicklung durch „Gebrauch von Organen“ verknüpft. Deshalb ist es sinnvoll die Fehlvorstellungen der SchülerInnen nicht mit prominenten Vorstellungen, wie der lamarckistischen oder finalistischen, (Kapitel 4.2.1) zu verallgemeinern, sondern mit den definierten Kategorien dieser Arbeit differenziert darzulegen. Denn durch die Verallgemeinerung der Vorstellungen zu prominenten Vorstellungen werden Teilvorstellungen nicht weiter beachtet und es gehen Anknüpfungspunkte für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen verloren.

Kampourakis und Zogza (2007) diskutierten bereits die Schwierigkeit der prominenten Vorstellungen aus einer anderen Perspektive. Sie veranschaulichten die Probleme der unterschiedlich definierten prominenten lamarckistischen Vorstellung in vorangegangenen Untersuchungen. In einigen Studien beinhaltet die sogenannte lamarckistische Vorstellung die zielgerichtete aktive Anpassung basierend auf der Intention des Individuums, in anderen Studien hingegen wurde zu der historischen Vorstellung Lamarcks Bezug genommen (Kampourakis & Zogza 2007). Damit solche Schwierigkeiten nicht auftreten, können zukünftig auf Grundlage des Kategoriensystems II die Vorstellungen detailliert beschrieben werden.

Eine weitere häufig vorkommende Vorstellung der SchülerInnen in dieser Untersuchung ist die der „einfachen Entwicklung“ von Merkmalsausprägungen. Die Kategorie stellt zunächst eine oberflächliche Vorstellung von Anpassung dar, weil die SchülerInnen die Entwicklung einer Merkmalsausprägung beschrieben, jedoch nicht erklärten inwieweit die Entwicklung stattfand. Diese Vorstellung wurde in anderen Studien mit älteren Probanden nicht beschrieben oder definiert (z.B. Baalman et al. 2004), obwohl sich eine bedeutende Erkenntnis anhand dieser Kategorie ableiten lässt: Die meisten SchülerInnen der vorliegenden Untersuchung hatten die Vorstellung, dass sich Merkmalsausprägungen weiter entwickeln, auch wenn sie diese nicht genauer beschreiben konnten. Nur wenige SchülerInnen äußerten die Vorstellung, dass es keine Entwicklung gebe.

Cypionka (2012) beobachtete ebenfalls die Vorstellung der „einfachen Entwicklung“ von Merkmalsausprägungen bei jüngeren SchülerInnen. Sie ist der Auffassung, dass die Vorstellung durch die Erfahrung der eigenen Entwicklung im Laufe des Lebens zustande kommt. Somit basiert ihrer Meinung nach die Vorstellung der „einfachen Entwicklung“ auf der Alltagsvorstellung von Entwicklung. Dies könnte in der vorliegenden Studie auf diejenigen SchülerInnen zutreffen, die die „einfache Entwicklung“ nicht weiter ausdifferenzieren.

Die vorliegende Untersuchung zeigt jedoch, dass die Vorstellung der „einfachen Entwicklung“ häufig mit anderen Teilvorstellungen (Kategorien) kombiniert wurde. Beispielsweise wurde diese Kategorie von *Sln8* beim Maulwurf-Beispiel mit der Kategorie „Perfektion“ verknüpft; hinzu kamen Aussagen zu den Kategorien „Vorteil/Nachteil“, „Notwendigkeit“ sowie „Vererbung“. Alle Kategorien zusammen verdeutlichen die differenzierte Vorstellung der evolutionären Anpassung als eine zielgerichtete Annäherung an Perfektion, welche auf der Vererbung von Merkmalen basiert und ihrer Meinung nach stattfinden muss.

Diese Vorstellung einer zielgerichteten Annäherung an Perfektion entspricht der Vorstellung von Wilsons (1997), der von einer evolutionären Höherentwicklung im Sinne eines evolutionären Fortschrittes vom Einfachen zum Komplexen ausgeht.

Die Vorstellung von *Sln8* veranschaulicht exemplarisch, wie facettenreich eine Vorstellung zu einem bestimmten Beispiel sein kann (Anhang 11.8, Mind Map). Weiterhin verdeutlicht sie, dass eine Vorstellung sowohl wissenschaftliche Teilvorstellungen (Kategorie „Vererbung“), als auch Fehlvorstellungen (Kategorie „Notwendigkeit“) beinhalten kann. Demensprechend zeigt sie, dass eine Ausdifferenzierung der Vorstellungen für die Bestimmung dieser von großer Bedeutung ist.

Neben den Vorstellungen zum Prozess der Anpassung wurden von den SchülerInnen zahlreiche Gründe für die „Anpassung“ genannt. Dies wies Weitzel (2006) mit den Vermittlungsexperimenten zur stammesgeschichtlichen Anpassung bei OberstufenschülerInnen ebenfalls nach.

Am häufigsten wurde die Anpassung in der vorliegenden Arbeit mit der „Notwendigkeit“ begründet, welche beispielsweise auf die von Bishop und Anderson (1990), Baalman et al. (2004), Weitzel (2006) und Cypionka (2012) beschriebenen Vorstellungen übertragbar ist. Diese Begründung wurde

in allen Untersuchungen häufig erweitert durch die Vorstellung, die Lebensbedingung führe zur Anpassung. Die weiteren definierten Kategorien zu den „Gründen und Auslösern“ der vorliegenden Studie führen zu einer Ausdifferenzierung der Vorstellungen und ermöglichen eine differenziertere Aussage über die Zusammensetzung der Vorstellung der SchülerInnen zur evolutionären Anpassung. Beispielweise wurden die Lebensbedingungen unterschieden in „abiotische“ und „biotische“ Lebensbedingungen und der „Vorteil“ einer Angepasstheit wurde als „Grund und Auslöser“ für die Anpassung definiert.

Weiterhin konnten in der Hauptstudie die Fehlvorstellungen der SchülerInnen zur zeitlichen Dimension der Anpassung nachgewiesen werden. Dies bestätigt damit die These, dass die SchülerInnen Schwierigkeiten haben, die gewaltige Zeitspanne evolutiver Prozesse zu begreifen (Graf & Hamdorf 2011). Zudem lassen sich bei den SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 wissenschaftlich korrekte Vorstellungen der zeitlichen Dimension finden: Sie beschrieben die Entwicklung von Merkmalsausprägungen über Generationen. Diese Erkenntnis ist von Bedeutung für die Vermittlung wissenschaftlich korrekter Inhalte und wurde im Kapitel 7.2.4 bereits ausführlicher ausgeführt.

Wandersee (1995) formulierte in seinem Review, dass zum Kern der Fehlvorstellungen zur Evolution Folgendes gehört: ein typologischer Artbegriff, die evolutionäre Entwicklung verursacht durch Bedürfnisse, die Ablehnung der Zufälligkeit und Ungerichtetheit der Entwicklung und die Entwicklung als Drang der biologischen Vollkommenheit. Diese Fehlvorstellungen wurden in dieser Untersuchung bei einigen SchülerInnen ebenfalls beobachtet (Anhang 11.6 - Kategoriensystem II). Zum Kern gehört nach den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit weiterhin die Schwierigkeit, die Entwicklung auf der wissenschaftlich korrekten Entwicklungsebene zu beschreiben. Die SchülerInnen der vorliegenden Arbeit beschrieben den Entwicklungsprozess häufig auf Individualebene.

Die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 haben wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen zur evolutionären Anpassung.

Neben den zahlreichen Fehlvorstellungen wurden auch wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen erhoben. Bei den Reviews von Wandersee (1995) und Smith (2010) stehen die beobachteten Fehlvorstellungen und Schwierigkeiten des Vermittelns wissenschaftlich korrekter Vorstellungen zur Evolution im Vordergrund. Diese Erkenntnisse wurden jedoch durch die in dieser Untersuchung beobachteten wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 zur evolutionären Anpassung erweitert.

Es zeigte sich, dass alle SchülerInnen mindestens eine Merkmalsausprägung als Angepasstheit erkannt und wissenschaftlich korrekt beschrieben haben. Palmer (1996) zeigte mit seiner Untersuchung die Schwierigkeiten beim Erkennen und Beschreiben der Angepasstheiten. Diese Schwierigkeit konnte bei den SchülerInnen der vorliegenden Untersuchung nicht beobachtet werden.

Darüber hinaus gibt es SchülerInnen mit wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen, die erkannten, dass der Prozess der Anpassung auf der Vererbung von Merkmalsausprägungen und genetischen Veränderungen basiert. Einige SchülerInnen beschrieben die Anpassung als einen passiven Prozess und haben deshalb auch eine wissenschaftlich korrekte Teilvorstellung von evolutionärer Anpassung. Diese Erkenntnisse sind von großer Bedeutung, da mit den wissenschaftlichen Teilvorstellungen ein wesentlicher Anknüpfungspunkt zur Vermittlung wissenschaftlich korrekter Vorstellungen zur evolutionären Anpassung gegeben ist. Auch hier wird nochmals veranschaulicht, dass die differenzierte Darstellung der Schülervorstellungen sinnvoll ist, weil dadurch überhaupt erst die wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen aufgezeigt werden können.

Die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 formulieren konsistente und inkonsistente Vorstellungen zur evolutionären Anpassung.

In zahlreichen Untersuchungen wurde beobachtet, dass die Vorstellungen der SchülerInnen zur Evolution in unterschiedlichen Kontexten selten konsistent sind (Brumby 1984, Engel Clough & Driver 1986, Wallin 2006, Kampourakis & Zogza 2008). In der vorliegenden Untersuchung äußerten die SchülerInnen sowohl konsistente (z.B. S11) als auch inkonsistente Vorstellungen (z.B. SIn5) zur evolutionären Anpassung.

Beispielsweise schätzten einige SchülerInnen die zeitliche Dimension der evolutionären Anpassung in Abhängigkeit vom Beispiel unterschiedlich ein. Es kam sogar zu inkonsistenten Formulierungen der Vorstellungen innerhalb eines Beispiels. Manche SchülerInnen beschrieben die Entwicklung einer einzigen Merkmalsausprägung einerseits auf der Individualebene und andererseits auf der Populationsebene.

Die Inkonsistenz der Vorstellungen spricht für eine nicht gefestigte Vorstellung der evolutionären Anpassung und dafür, dass die Lernenden *ad hoc* ihr Wissen zu bestimmten Problemstellungen (Beispielen) formulieren, ohne dass bereits konkretes Wissen zur evolutionären Anpassung vorhanden ist (Samarapungavan & Wiers 1997). Es kann davon ausgegangen werden, dass nur Lernende, die konsistent Vorstellungen zu einem bestimmten Sachverhalt formulierten, diese Vorstellung verinnerlicht haben (Wallin 2006, Kampourakis & Zogza 2009). Dies bedeutet jedoch nicht, dass die formulierte Vorstellung auch wissenschaftlich korrekt ist. S11 beispielsweise formulierte bei vier Beispielen die konsistente Vorstellung, dass Anpassung im evolutiven Sinne nicht statt fände (Kapitel 7.2.3.2).

Weiterhin gab es SchülerInnen mit inkonsistenten Vorstellungen zur Anpassung, die bei einigen Beispielen wissenschaftlich korrekte Vorstellungen formulierten.

Diese Erkenntnis zeigt, dass der Einsatz mehrerer unterschiedlicher Beispiele sowohl bei der Erhebung der Schülervorstellungen, als auch bei der Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen

wichtig ist. Anhand eines Beispiels ist es demnach nicht möglich eine qualifizierte Aussage über die Vorstellungen eines einzelnen Probandens der Jahrgangsstufe 7 zu treffen. Dies weist auch die folgende Erkenntnis nach.

Die Differenziertheit der Vorstellungen der SchülerInnen unterscheidet sich zwischen den Beispielen.

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der gewählten Beispiele auf das Antwortverhalten der SchülerInnen untersucht. Dafür wurde, im Gegensatz zu vorangegangenen Untersuchungen, zwischen *unbekannten* und *bekannten*, sowie *zoologischen* und *botanischen* Beispielen bei der Erhebung der Vorstellungen unterschieden.

Es zeigt sich, dass SchülerInnen bei *bekannten* und *zoologischen* Beispielen häufiger differenzierte Antworten gaben als bei *unbekannten* und *botanischen* Beispielen.

Dies deutet darauf hin, dass die Probanden von den *zoologischen* Beispielen auf sich selbst geschlossen haben und deshalb differenzierter antworteten, jedoch nicht unbedingt wissenschaftlich korrekt. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der Bezug zum Menschen häufig eine nicht wissenschaftlich korrekte Beschreibung der evolutionären Anpassung durch eine beschriebene Intention der Anpassung zur Folge hat. Vergleichsweise wurde eine Intention der Individuen bei der Anpassung bei *botanischen* Beispielen seltener beschrieben.

Die bisherigen Untersuchungen zeigten entweder, dass *botanische* Beispiele mehr Schwierigkeiten bei der Erklärung evolutionärer Mechanismen zur Folge hatten (Palmer 1996) oder sie untersuchten die Schülervorstellungen ausschließlich anhand *zoologischer* Beispiele (Baalmann et al. 2004). In der vorliegenden Untersuchung wurden die wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen zwar anhand *zoologischer* Beispiele formuliert, bei *botanischen* Beispielen wurde die Entwicklung von Merkmalsausprägungen jedoch ebenfalls erklärt. Somit wiesen die SchülerInnen den Pflanzen in dieser Untersuchung im Unterschied zur Untersuchung von Palmer (1996) eine Angepasstheit zu und erkannten, dass Pflanzen genau wie Tiere, ein Teil des Anpassungsprozesses sind.

Neben den wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen führten die *zoologischen* Beispiele häufiger zur Beschreibung von Fehlvorstellungen. Beispielsweise wurde die Fehlvorstellung, der „Gebrauch der Organe“ führe zur Entwicklung der Merkmalsausprägung, ausschließlich bei *zoologischen* Beispielen angewendet. Dies stimmt mit der historischen Vorstellung von Lamarck überein (Weitzel 2006), zeigt jedoch auch die Möglichkeit diese Fehlvorstellung mit *botanischen* Beispielen zu hinterfragen und zu verändern. Die Inkonsistenz zwischen *botanischen* und *zoologischen* Beispielen kann genutzt werden, um einen kognitiven Konflikt bei den SchülerInnen auszulösen oder Diskussion über den Anpassungsprozess zu fördern (Kapitel 7.2.4).

In der vorliegenden Arbeit verdeutlichen die unterschiedlichen geäußerten Vorstellungen der SchülerInnen bei *botanischen* und *zoologischen* Beispielen zudem die enorme Bedeutung der Verwendung beider Typen von Beispielen in zukünftigen Untersuchungen, sowie bei der Vermittlung evolutionärer Themen. Weiterhin führt der nachgewiesene Unterschied zwischen den Vorstellungen zur evolutionären Anpassung bei *botanischen* und *zoologischen* Beispielen dazu, dass die Wahl der Beispiele sowohl in der Forschung als auch in der Entwicklungsarbeit auf Grundlage dieser Arbeit zukünftig wissenschaftlich begründet werden kann.

Dies gilt auch für die Entscheidung zwischen dem Einsatz *bekannter* oder *unbekannter* Beispiele, denn die Bekanntheit des Beispiels zeigte ebenfalls einen Einfluss auf das Antwortverhalten der Befragten. Die SchülerInnen generierten *ad hoc* Wissen, wenn sie zunächst kein konkretes Wissen zu dem Sachverhalt aktivieren konnten (Samarapungavan & Wiers 1997). Dies könnte zu den häufig differenzierteren Aussagen zu *bekanntem* Beispielen geführt haben. *Unbekannte* Beispiele ermöglichen dahingegen seltener das Aktivieren von Wissen und folglich nicht das Formulieren differenzierterer Aussagen. Diese Erkenntnis führt zu verschiedenen Konsequenzen für die zukünftige Forschung und Konzeption von Lernangeboten. Je nachdem, welches Ziel mit der Forschung oder dem Lernangebot verfolgt wird, sollten *bekannte* oder *unbekannte* Beispiele eingesetzt werden (Kapitel 7.2.4, Ansatzpunkte).

Weiterhin zeigte sich, dass die SchülerInnen ein differenzierteres Antwortverhalten bei Fragestellungen zur Weiterentwicklung einer Merkmalsausprägung äußerten. Dies passt mit den Erkenntnissen der Studie von Kampourakis und Zogza (2008) überein. Sie verdeutlichten, dass die Anzahl gegebener evolutionärer Erklärungen für die Homologie und Angepasstheit höher waren, je mehr Informationen den SchülerInnen in der Aufgabe gegeben wurden. Je weniger Informationen in der Aufgabenstellung vorhanden waren, desto häufiger wurde eine finalistische Vorstellung formuliert (Kampourakis & Zogza 2008).

Die Schlussfolgerung, dass die Aufgabenstellungen sowie die gewählten Beispiele einen Einfluss auf das Antwortverhalten der SchülerInnen haben und somit die Differenziertheit und Konsistenz der formulierten Vorstellungen bestimmen, dienen der didaktischen Strukturierung unterschiedlicher Lerngegenstände. Ziel bei der Vermittlung evolutionärer Anpassung sollte es deshalb zukünftig sein, anhand unterschiedlicher Beispiele die Mechanismen der Anpassung zu vermitteln (Kapitel 7.2.4). Die SchülerInnen sollen gelernte wissenschaftliche Theorie oder Modelle auf unterschiedliche und neue Beispiele übertragen können, denn erst dann haben sie die wissenschaftliche Theorie oder das Modell verstanden (Wallin 2006, Kampourakis & Zogza 2008, Beniermann et al. 2014). Dauerhaftes und fruchtbares Wissen entsteht nur durch das wiederholte Anwenden des Wissens in unterschiedlichen Zusammenhängen (Weitzel 2010) und diese Untersuchung verdeutlicht, dass dazu ebenfalls Zusammenhänge aus dem Bereich der Botanik gehören. Hier zeigt sich die hohe Komplexität der Ebene der *Anwendung* von Wissen, erklärt jedoch gleichzeitig die Schwierigkeit der

SchülerInnen ihr neues Wissen auf andere und neue Lerngegenstände zu übertragen – dies spricht für eine Vermittlung evolutionärer Themen in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und folglich für ein Spiralcurriculum.

Die Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ stimmen häufig mit den Vorstellungen der SchülerInnen zur evolutionären Anpassung überein.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass die Fehlvorstellungen der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7, die Anpassung sei ein aktiver und zielgerichteter Prozess, mit den beschriebenen Assoziationen der SchülerInnen zum Begriff „Anpassung“ übereinstimmen. Die Reaktivität und Finalität der Alltagsvorstellung von Anpassung wird auf die evolutionäre Anpassung übertragen, um den unbekanntem Zusammenhang zu verstehen (Marohn 2008).

Den Alltagsvorstellungen von Anpassung liegen Erfahrungen mit zueinanderpassenden Gegenständen, Intentionalität eigener und fremder Handlungen sowie handwerklicher Erfahrungen zugrunde (Weitzel & Gropengießer 2009). Die SchülerInnen generieren anhand dieser Erfahrungen mit der Anpassung sogenannte imaginative Vorstellungen zur unbekanntem Thematik der evolutionären Anpassung (Marohn 2008). Folglich kommt es zu den beobachteten Fehlvorstellungen in der vorliegenden Untersuchung.

Die imaginativen Vorstellungen stehen der wissenschaftlichen Vorstellung von evolutionärer Anpassung entgegen (Weitzel 2006). Sie sind beständig, da sie sich bereits im alltäglichen Leben bewährt haben und auf Erfahrungen basieren (Chinn & Brewer 1993, Alters & Nelson 2002).

Beispielsweise führt die ursprünglich eigene Erfahrung des absichtsvollen Handelns dazu, dass die Entwicklung der Merkmalsausprägungen als aktiver und zielgerichteter Prozess beschreiben wird (Cypionka 2012). Dies äußert sich bei einigen SchülerInnen der vorliegenden Studie durch den direkten Vergleich mit den Menschen. Die Übertragung der menschlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf die Tiere und Pflanzen wird häufig auch als anthropomorphe Vorstellung bezeichnet. Das Übertragen der Alltagsvorstellung von Anpassung wird zudem durch die Verwendung desselben Begriffs in der Alltagssprache, sowie der wissenschaftlichen Sprache gefördert (Weitzel & Gropengießer 2009). Es begünstigt die Schwierigkeit, evolutionäre Anpassung wissenschaftlich korrekt zu beschreiben.

Neben der Schwierigkeit der Verwendung des Begriffs „Anpassung“ durch die unterschiedlichen Bedeutungen im alltäglichen und wissenschaftlichen Sprachgebrauch, sind ebenfalls Probleme mit dem Begriff „Entwicklung“ zu beobachten. „Entwicklung“ hat allein in der wissenschaftlichen Sprache unterschiedliche Bedeutungen (Cypionka 2012), welches sich in den Aussagen der SchülerInnen zur evolutionären Anpassung widerspiegelt: Die SchülerInnen formulierten in der vorliegenden Untersuchung, teilweise die Entwicklung von Merkmalsausprägungen nicht als phylogenetische,

sondern als ontogenetische Entwicklung. Dies zeigt die Bedeutung klar definierter Begriffe bei der Vermittlung evolutionärer Zusammenhänge.

Zu den durch die Sprache hervorgerufen Schwierigkeiten kommt hinzu, dass einfache Erklärungsprinzipien aus dem Alltag angewendet werden (Biebricher 2002, Cypionka 2012) um die evolutionäre Anpassung zu erklären. Beispielweise verwendeten die SchülerInnen das *Ursache-Wirkungs-Prinzip* um die evolutionäre Anpassung zu beschreiben (Kapitel 7.2.4).

Dies lässt sich anhand der, in der vorliegenden Untersuchung, zahlreichen beschriebenen „Gründe und Auslöser“ für die evolutionäre Anpassung verdeutlichen: Die SchülerInnen nannten Gründe und Auslöser als Ursache für die Entwicklung von Merkmalsausprägungen, mit der daraus folgenden Wirkung der Angepasstheit der Individuen.

Die vorliegende Studie kommt demnach zu dem Ergebnis, dass die Themen und Begriffe der Wissenschaft nicht mit den Alltagsvorstellungen und Regeln des Alltages der SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 übereinstimmen und es unter anderem deshalb zu den Fehlvorstellungen der SchülerInnen kommt. Diese Erkenntnis wurde bereits bei den OberstufenschülerInnen in der Untersuchung von Weitzel (2006) beobachtet und verdeutlicht, dass es wichtig ist, bereits in der Sekundarstufe I den Unterschied zwischen evolutionärer Anpassung und Anpassung im Alltag zu verdeutlichen, damit sich die Alltagsvorstellung nicht weiter in evolutionären Kontexten verankert (Kapitel 7.2.4, Ansatzpunkt).

Das Kategoriensystem II eignet sich zur differenzierten Identifikation der Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung.

Zur Bestimmung der beschriebenen Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung der Jahrgangsstufe 7 wurde das Kategoriensystem II entwickelt, das sich zukünftig weiter für die Bestimmung der Schülervorstellungen einsetzen lässt. Dieses Kategoriensystem wurde mittels kommunikativer Validierung nach Mayring (2002) validiert und die Äußerungen der SchülerInnen wurden von mehreren unabhängigen Personen codiert. Das konsensuelle Codieren der Schüleraussagen führte dazu, dass das Codieren als reliabel eingeschätzt wurde. Weiterhin zeigt es, dass unabhängige Personen das Kategoriensystem II nutzen können, um die Vorstellungen der SchülerInnen zu bestimmen. Dies ist in Zukunft von großer Bedeutung, zum einen für die weitere Erforschung der Veränderung von Schülervorstellungen, zum anderen für die Diagnose der Schülervorstellungen in unterschiedlichen Bildungseinrichtungen.

Wie die bisherige Arbeit gezeigt hat, ist die differenzierte Darstellung und Erhebung der Schülervorstellungen bedeutend für die Vermittlung und somit die Veränderung der Vorstellungen zur evolutionären Anpassung. Dies lässt sich durch die kleinschrittige und nicht schnelle Veränderung der Vorstellungen begründen, denn mit kurzen Lerneinheiten können keine Veränderungen hin zu

ausnahmslos wissenschaftlich korrekten Vorstellungen angeregt werden. Die Veränderung von Vorstellungen braucht Zeit (Bishop & Anderson 1990, Demastes 1995, Jensen & Finley 1996, Nehm & Reilly 2007). In kurzen Interventionen, wie beispielsweise während des Besuches des botanischen Gartens, können nur kleine Schritte zur Veränderung der Fehlvorstellungen hin zu wissenschaftlich korrekten Teilvorstellungen gegangen werden. Deshalb sollten diese geringen Veränderungen der Vorstellungen zukünftig bei Interventionsstudien bedacht, gemessen und untersucht werden.

Im Unterschied zu anderen qualitativen Untersuchungen der Schülervorstellungen der biologiedidaktischen Forschung wurde das für die Identifikation der Schülervorstellungen entwickelte Kategoriensystem II zur Auswertung des Prä-Post-Tests und damit zur Evaluation des Lernangebotes genutzt. Der erfolgreiche Einsatz zeigte, dass es sich zur Bestimmung der Schülervorstellungen der Jahrgangsstufe 7 eignet. Der Einsatz offenbarte jedoch auch, dass das Kategoriensystem II dynamisch ist. Die Kategorien wurden anhand der Vorstellungen von 18 SchülerInnen und bestimmten Aufgabenstellungen, sowie wenigen Beispielen ermittelt. Mittels weiteren 16 SchülerInnen, die an der Evaluation des Lernangebotes teilnahmen, wurde eine zusätzliche Kategorie definiert. Die Unterschiede in der Aufgabenstellung und dem Beispiel, sowie die Veränderung der Schülergruppe führten zur Erweiterung des Kategoriensystems. Das Kategoriensystem zur Bestimmung der Schülervorstellungen soll deshalb immer mit einer möglichen Erweiterung der Kategorien eingesetzt werden.

Der Einsatz des Simulationsspiels führte zur Veränderung der Vorstellungen bei den SchülerInnen.

Das entwickelte Simulationsspiel der vorliegenden Arbeit führte bei den SchülerInnen zur Diskussion über die eigenen Alltagsvorstellungen und zur geplanten Veränderung dieser Vorstellungen (Marohn 2008, Andrews et al. 2011).

Beispielsweise hatte eine einzige Schülerin vor der Simulation die Vorstellung, dass der Fortpflanzungserfolg zur Entwicklung bestimmter Merkmalsausprägungen führe. Die Diskussionen innerhalb der Kleingruppe über diese Vorstellung hatten eine Veränderung der formulierten Vorstellungen der Gruppenmitglieder nach dem Lernangebot zur Folge (Kapitel 7.4.1). Im Sinne des *Conceptual Change* und der *Konfliktstrategie* (Möller 2010) wurden die eigenen Vorstellungen reflektiert, hinterfragt und auf Plausibilität geprüft.

In Kleingruppen, in denen die SchülerInnen vor dem Simulationsspiel heterogene Vorstellungen formulierten, wurden mehr Diskussionen geführt, als in Kleingruppen mit SchülerInnen, die homogene Vorstellungen hatten.

Somit könnte es in Kleingruppen mit heterogenen Vorstellungen der SchülerInnen zur deutlich intensiveren Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen gekommen sein. Dies sollte in

weiteren Durchführungen des Simulationsspiels mit einer weiteren teilnehmenden Beobachtung inkl. Videografie genauer untersucht werden. Hierfür sollte jeder Schüler bzw. jede Schülerin von einer Person beobachtet werden und der Schwerpunkt der Beobachtung auf der Veränderung der formulierten Vorstellungen und den Begründungen der Vorstellungen während der Diskussionen liegen. Die erneute Durchführung des Lernangebotes und das Erforschen der Lernprozesse anhand der bereits gewonnen Erkenntnisse würde im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung nach Prediger et al. (2012) zu einem iterativen Forschungsprozess führen (Abbildung 13).

Die beobachtete Fehlvorstellung der SchülerInnen zur „Entwicklungsebene“ konnte durch das Simulationsspiel verhindert werden. Die meisten Aussagen im Interview bezogen sich auf die Entwicklung eines Individuums. Das Simulationsspiel bewirkte jedoch, dass die SchülerInnen nach dem Lernangebot ausschließlich die Entwicklung auf Populationsebene beschrieben.

Insgesamt hatte das Lernangebot positive Auswirkung auf die Veränderung der Schülervorstellungen. Wie erwartet, führte jedoch die Veränderung der Vorstellungen nicht ausschließlich zu einer wissenschaftlichen Vorstellung bei allen SchülerInnen.

Das Ziel des Lernangebotes war es, die SchülerInnen zu motivieren, ihre eigenen Vorstellungen zu reflektieren und Anstöße für einen *Conceptual Change* zu geben. Dafür wurden die Grundlagen zum Verständnis der evolutionären Anpassung vermittelt, jedoch im Folgenden der Prozess mit den SchülerInnen nicht weiter vertieft. Um den *Conceptual Change* anzuregen, wurde die Entwicklung einer Merkmalsausprägung anhand eines ausgewählten Beispiels simuliert. Die Erkenntnisse der vorliegenden Studie zeigen jedoch auch, dass dies nicht ausreicht, um konsistente wissenschaftliche Vorstellungen zu vermitteln.

Die Dauer des Simulationsspiels war zudem zu kurz für die langfristige Veränderung der Vorstellung hin zu wissenschaftlich konsistenten Vorstellungen (Wandersee 1995). Anhand zahlreicher Interventionsstudien konnte abgeleitet werden (Bishop & Anderson 1990, Demastes 1995, Jensen & Finley 1996, Nehm & Reilly 2007), dass die Interventionen über einen längeren Zeitraum andauern müssen, um einen solchen *Conceptual Change* hervorzurufen (Andrews et al. 2011). Der Besuch im Botanischen Garten und die Durchführung des Simulationsspiels tragen jedoch einen entscheidenden Beitrag zur Vermittlung evolutionärer Anpassung bei, denn durch das Lernangebot werden die SchülerInnen motiviert ihre eigenen Vorstellungen zu hinterfragen und anhand eines Beispiels die evolutionäre Entwicklung von Merkmalsausprägungen nachzuvollziehen.

Das entwickelte Lernangebot ermöglicht es also den Lernenden, an einem außerschulischen Lernort ihre Vorstellungen zur evolutionären Anpassung zu hinterfragen und anhand eines Beispiels die Grundlagen für die Vermittlung evolutionärer Themen zu legen. Somit hat die Durchführung dieses Lernangebotes gezeigt, dass SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 in der Lage sind, ihre Vorstellungen kleinschrittig zu verändern und sich mit evolutionären Themen auseinanderzusetzen.

9 FAZIT UND AUSBLICK

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 facettenreiche Vorstellungen zur evolutionären Anpassung haben, die mit Hilfe des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Kategoriensystems II bestimmt werden können. Es wurde herausgefunden, dass eine ausdifferenzierte Darstellung der Vorstellungen möglich und für die fachdidaktische Forschung wichtig ist. Deshalb kann das Kategoriensystem II zukünftig hilfreich bei einer differenzierten Erhebung der Schülervorstellungen sein.

Neben zahlreichen Fehlvorstellungen haben SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen zur evolutionären Anpassung. Diese sollen in weiteren Lernangeboten als Anknüpfungspunkte genutzt werden.

Eine weitere Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass das gewählte Beispiel einen Einfluss auf die Formulierung der Vorstellung hat. Die SchülerInnen beschrieben bei verschiedenen Beispielen konsistente oder inkonsistente Vorstellungen zum Prozess der Anpassung. Weiterhin sind die Aussagen zu den verschiedenen Beispielen unterschiedlich differenziert.

Da SchülerInnen zu *bekanntem* und *zoologischen* Beispielen häufig Fehlvorstellungen formulierten, eignen sich *unbekannte* oder *botanische* Beispiele um Vorstellungen auf der Ebene des Verstehens zu konstruieren. Deshalb sollen zukünftig neben *zoologischen* Beispielen auch *unbekannte* und *botanische* Beispiele für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen verwendet werden. Weiterhin ist es für die fachdidaktische Forschung bedeutend, zwischen den genannten Typen von Beispielen bei der Erforschung der Vorstellungen zu unterscheiden.

In der Hauptstudie konnte zudem gezeigt werden, dass die Assoziationen zum Begriff „Anpassung“ mit den Fehlvorstellungen der SchülerInnen zur evolutionären Anpassung übereinstimmen. Deshalb muss mit den SchülerInnen der Zusammenhang zwischen der Alltagsvorstellung und wissenschaftlicher Vorstellung erarbeitet werden. Die Inhaltsanalyse der Interviews zeigte zahlreiche weitere Ansatzpunkte, die als Grundlage für die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen in der Praxis verwendet werden können.

Einige Ansatzpunkte wurden zur Entwicklung des Lernangebotes im botanischen Garten genutzt. Es konnte gezeigt werden, dass die SchülerInnen der Jahrgangsstufe 7 durch das entwickelte Lernangebot motiviert wurden, ihre eigenen Vorstellungen zur evolutionären Anpassung zu diskutieren und zu hinterfragen. Die Erforschung des eigentlichen Lernprozesses stand bei der Evaluation des Lernangebotes nicht im Vordergrund, deshalb kann dies in nachfolgenden Untersuchungen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell iterativ fortgeführt werden. Die Erkenntnisse der vorliegenden Studie können dazu beitragen, die Lernprozesse während des Simulationsspiels aus unterschiedlichen Perspektiven zu erforschen.

Neben dem Einsatz für weitere Forschungsvorhaben lässt sich das Simulationsspiel zukünftig von Lehrenden auch im Unterricht einsetzen. Abgesehen von der Vermittlung evolutionärer Anpassung, kann das entwickelte Simulationsspiel von den Lehrenden genutzt werden, um die Vorstellungen in der Klasse zu erheben. Bevor das Kategoriensystem II zur Bestimmung der Vorstellungen in der Schule eingesetzt wird, sollte der Einsatz jedoch erprobt und das Vorgehen in Form eines Handbuchs für die Lehrenden aufbereitet werden.

Zukünftig sollen weitere Lernangebote mit Hilfe der in dieser Arbeit abgeleiteten Ansatzpunkte entwickelt werden, um gefestigte Vorstellungen zur evolutionären Anpassung zu vermitteln. Dies soll durch den wiederholten Einsatz unterschiedlicher Lernangebote zur Evolution geschehen.

Zusammenfassend hat diese Arbeit die Erkenntnisse der fachdidaktischen Forschung direkt in die Praxis umgesetzt und somit die *lokalen* Theorien zu den Schülervorstellungen der Jahrgangsstufe 7 aus verschiedenen Perspektiven erweitert. Dadurch wurde nicht nur die Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten gelegt, sondern auch die Basis für die Konzeption weiterer Lernangebote an unterschiedlichen Lernorten.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- Alters, B. J. und Nelson, C. E. (2002) Perspective: Teaching Evolution in Higher Education. *Evolution*, 56 (10): 1891-1901.
- Anderson, B. und Wallin, A. (2006) On Developing Content-oriented Theories Taking Biological Evolution as an Example. *International Journal of Science Education*, 28 (6): 673-695.
- Anderson, D. L., Fisher, K. M. und Norman, G. J. (2002) Development and Evaluation of the Conceptual Inventory of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (10): 952-978.
- Andrews, T. M., Kalinowski, S. T. und Leonard, M. J. (2011) "Are Humans Evolving?" A Classroom Discussion to Change Students Misconceptions Regarding Natural Selection. *Evolution Education and Outreach*, 4 (3): 456-466.
- Anton, C., Bossdorf, O. und Weisheit, E. (2011) Evolution vor unserer Haustür entdecken: Das Projekt „Evolution MegaLab“. In: Dressmann, D., Graf, D. und Witte, K. [Hrsg.] *Evolutionsbiologie. Moderne Themen für den Unterricht*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 205-215.
- Attleslander, P. (2003) *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 10. Auflage, Walter de Gruyter, Berlin.
- Baalmann, W. und Kattmann, U. (2000) Genetik im Kontext von Evolution. *Unterricht Biologie*, 24 (260): 32-35.
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. und Kattmann, U. (2004) Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10: 7-28.
- Behrens, H., Beuck, H.-G., Dobers, J., Groth, H., Klöckner, F., Knippenberg, A., Leiding, U., Schulz, T. und Schulz, S. (2012) *Biologie Heute 2 aktuell*. Schrödel-Verlag, Braunschweig.
- Beinbrech, C. (2010) Argumentieren im Gespräch lehren und lernen. In: Labudde, P. [Hrsg.] *Fachdidaktik Naturwissenschaften 1.-9. Schuljahr*. Haupt Verlag, Bern, 227-242.
- Beniermann, A., Brennecke, J., Greiten, K., Hamdorf, E., Roth, J., Spitzner, A. und Graf, D. (2014) GiTax – Gießener Taxonomie, Begriffe für die biologiedidaktische Forschung. www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb08/Inst/biologiedidaktik/glossar (15.12.2014).
- Berck, K.-H. und Graf, D. (2010) *Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden*. 4. Auflage. Quelle und Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Biebricher, A. C. (2002) Entstehung und Bedeutung der Vielfalt der Lebewesen. Empirische Untersuchung zu den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie zur Didaktischen Strukturierung. Oldenburger VorDrucke 463, Didaktisches Zentrum [Hrsg.], Oldenburg.

- Bishop, B. und Anderson, C. (1990) Student Conceptions of Natural Selection and its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 27 (5): 415–427.
- Bizzo, N. M. (1994) From Down House Landlord to Brazilian High School Students: What has Happened to Evolutionary Knowledge on the Way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31: 537-556.
- Brewer, F. W. und Lambert, B. L. (1993) The Theory-Ladenness of Observation Evidence from Cognitive Psychology. In: Polson, M. C. [Hrsg.] *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, University of Colorado, Boulder, 254-259.
- Brumby, M. N. (1979) Problems in Learning the Concept of Natural Selection. *Journal of Biological Education*, 13 (2): 119-122.
- Brumby, M. N. (1984) Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students. *Science Education*, 68 (4): 493-503.
- Brunz, M. (2001) Ein Kaktus zum Nachtschisch?. *Unterricht Biologie*, 266 (25): 16-20.
- Burton, S. und Dobson, C. (2009) Spork and Beans: Addressing Evolutionary Misconceptions. *American Biology Teacher*, 71 (2): 8-91.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. D., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S. und Naeem. S. (2012) Biodiversity Loss and its Impact on Humanity. *Nature*, 486: 59-67.
- Chinn, C. A. und Brewer, W. F. (1993) The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Education. *Review of Educational Research*, 63: 1-49.
- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D. und Friedrichsen, R. (2005) Confronting Prospective Teachers' Ideas of Evolution and Scientific Inquiry Using Technology and Inquiry-Based Tasks. *Journal of Research in Science Teaching*. 42 (6): 613-637.
- Cypionka, R. (2012) *Pflanzen als Lebewesen in Evolution und Entwicklung. Ein Beitrag zur didaktischen Rekonstruktion. Band 39, Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.*
- Darwin, C. (1859) *Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life.* Modern Library, New York.
- Darwin, C. (1872) *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl.* 6. Auflage. Übersetzung von Carl W. Neumann (2001), Philipp Reclam Jun, Stuttgart.
- Darwin, C. (2006) *Gesammelte Werke.* Übersetzung von Carus, J.V., Melzer Verlag, Neu Isenburg.
- Demastes, S. S. (1995) Students' Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5): 535-550.

- Dobers, J., Freundner-Huneke, I., Schulz, S. und Zeeb, Z. (2007) Erlebnis Biologie HS 1. 5./6. Schuljahr. Schrödel-Verlag, Braunschweig.
- Dobers, J., Freundner-Huneke, I., Schulz, S. und Zeeb, Z. (2010) Erlebnis Biologie – Gesamtband. Schrödel-Verlag, Braunschweig.
- Dobzhansky (1973) Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35: 125-129.
- Duit, R. (1995) Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6): 905-923.
- Engel Clough, E. und Wood-Robinson, C. (1985) How Secondary Students Interpret Instances of Biological Adaption. *Journal of Biological Education*, 19 (2): 125-130.
- Engel Clough, E. und Driver, R. (1986) A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks Across Different Task Contexts. *Science Education*. *Science Education*, 70 (4): 473-496.
- Erdmann, U. und Erdmann, A. (2004) Mammutbäume-Symbole für den Naturschutz. *Unterricht Biologie*, 300: 24-33.
- Evans, E. M. (2001) Cognitive and Contextual Factors in the Emergence of Diverse Belief Systems: Creation versus Evolution. *Cognitive Psychology* 42, 217-266.
- Fenner, A. (2013) Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Ferrari, M. und Chi, M. T. H. (1998) The Nature of Naïve Explanations of Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 20 (10): 1231-1256.
- Fleagle, J. G. (2013) Primate Adaptation und Evolution. 3. Auflage. Academic Press, Elsevier, Oxford.
- Flick, U. (2002) Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. 6. Auflage, Rowohlt's Taschenbuch Verlag, Reinbek.
- Futuyma, D. J. (2007) Evolution. Das Original mit Übersetzungshilfen. Übersetzung von Andreas Held, Spektrum Akademischer Verlag, München.
- Graf, D. (2009) Evolution – das Rückgrat der Biologie. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. 62 (1): 3-4.
- Graf, D. und Hamdorf, E. (2011) Evolution: Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In: Dreesmann, D. C., Graf, D. und Witte, K. [Hrsg.] *Evolutionsbiologie. Moderne Themen für den Unterricht*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 25-41.
- Graf, D. und Soran, H. (2011) Einstellung und Wissen von Lehramtsstudierenden zur Evolution – ein Vergleich zwischen Deutschland und der Türkei. In: Graf, D. [Hrsg.] *Evolutionstheorie – Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 141-161.

- Gropengießer, H. (2001) Didaktische Rekonstruktion des Sehens. Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung. 2. Überarbeitete Auflage. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 1. Didaktisches Zentrum, Oldenburg.
- Gropengießer, H. (2003) Lernen und Lehren – Thesen und Empfehlungen zu einem professionellen Verständnis. In: Siebert, H. [Hrsg.] Report. Literatur – und Forschungsreport Weiterbildung. Band 26, Bertelsmann Verlag, Bielefeld, 29-39.
- Gropengießer, H. (2006) Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. 2. Überarbeitete Auflage. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd.4, Didaktisches Zentrum, Oldenburg.
- Gropengießer, H. (2007) Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. . In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) Theorien der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 105-116.
- Grotjohann, N. (2003) Überlebenskünstler in der Wüste. Unterricht Biologie, 286 (27): 34-40.
- Hagman, M., Olander, C. und Wallin, A. (2003) Research-Based Teaching about Biological Evolution. In: Lewis, J., Margo, A. und Simonneaux, L. (Hrsg.) Biology Education for the Real World. Student – Teacher – Citizen. Proceedings of the IV Conferene of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB) Toulouse – France, 105-119.
- Hammann, M. und Jördens, J. (2014) Offene Aufgaben codieren. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. [Hrsg.] Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 169-178.
- Hausfeld, R. und Schulenberg, W. (2013) bioskop 1 – Gymnasium Hessen, Westermann Verlag, Braunschweig.
- Heitzmann, A. (2010) Modelle verwenden. In: Labudde, P. [Hrsg.] Fachdidaktik Naturwissenschaften 1.-9. Schuljahr. Haupt Verlag, Bern, 87-102.
- Helfferich, C. (2011) Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage, VS Verlag, Wiesbaden.
- Hessisches Kultusministerium (2010) Lehrplan Biologie. Gymnasialer Bildungsgang. Jahrgangsstufen 5G bis 9G und gymnasiale Oberstufe, Hessen.
- Hesse, M. (1999) Zur Genese der Interessen an Tier- und Pflanzenarten sowie Natur- und Umweltschutz. IN: Graf, D. [Hrsg.] Und sie bewegt sich doch..., Schriftenreihe des Instituts für Biologiedidaktik Band. 2, Gießen, 23-52.
- Hin, T. K. (2000) Biology Students' Conceptions of Evolution: A Phenomenography. Dissertation, Universität Hong Kong.
- Hoese, W. J. und Nowicki, S. (2001) Using 'The Organism' as a Conceptual Focus in an Introductory Biology Course. The American Biology Teacher, 63: 176-182.
- Huxley, J. (1974) Evolution. The modern Synthesis. 3. Auflage, Allen and Unwin, London.

- Jensen, M. S. und Finley, F. N. (1996) Changes in Students' Understanding of Evolution Resulting from Different Curricular and Instructional Strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (8): 879-900.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1992) Thinking about Theories or Thinking with Theories?: A Classroom Study with Natural Selection. *International Journal of Science Education*, 14 (1): 51-61.
- Johannsen, M. und Krüger, D. (2005) Schülervorstellungen zur Evolution – eine quantitative Studie. IDB Münster, Berlin Institut Didaktik Biologie 14: 23-48.
- Kampourakis, K. (2013) Teaching About Adaption: Why Evolutionary History Matters. *Science & Education*, 22: 173-188.
- Kampourakis, K. und Zogza, V. (2007) Students' Preconceptions about Evolution: How Accurate is the Characterization as "Lamarckian" when Considering the History of Evolutionary Thought?. *Science & Education*, 16: 393-422.
- Kampourakis, K. und Zogza, V. (2008) Students' Intuitive Explanations of the Causes of Homologies and Adaptations. *Science & Education* 17 (1): 27-47.
- Kampourakis, K. und Zogza, V. (2009) Preliminary Evolutionary Explanations: A Basic Framework for Conceptual Change and Explanatory Coherence in Evolution. *Science & Education*, 18: 1313-1340.
- Kattmann, U. (2005) Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11: 165-174.
- Kattmann, U. (2007) Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) *Theorien der biologiedidaktischen Forschung*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 93-104.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. und Komorek, M. (1997) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3): 3-18.
- Kleesattel, W. (2011) *Die Evolution*. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- Krüger, D. (2007) Die Conceptual-Change-Theorie. In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) *Theorie in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 81-92.
- Krüger, D. und Riemeier, T. (2014) Die qualitative Inhaltsanalyse- eine Methode zur Auswertung von Interviews. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. [Hrsg.] *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 133-145.
- Krüger, L. (2014) *Die Giganten des Königs: 150 Jahre Wellingtonien in Württemberg*. BookRix, München.
- Kuckartz, U. (2012) *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa Verlag, Weinheim und Basel.
- Kuhn, K., Probst, W. und Schilke, K. (1986) Auslese. In: Kuhn, K., Probst, W. und Schilke, K. [Hrsg] *Biologie im Freien*, Metzler Stuttgart, 233-236.

- Krathwohl, D. R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theorie into Practice*, 41 (4): 212-218.
- Lakoff, G und Johnson, M. (1998) *Leben in Metaphern. Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern*. Carl Auer, Heidelberg.
- Lamnek, S. (2005) *Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch*. 4. Auflage, Betz PVU, Weinheim, Basel.
- Lammert, N. (2012) *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von SchülerInnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation, Technische Universität Dortmund.
- Lombrozo, T., Shtulman, A. und Weisberg, M. (2006) The Intelligent Design Controversy: Lessons from Psychology and Education. *Trends in Cognitive Sciences*, 10 (2): 56-57.
- Marohn, A. (2008) „Choice2learn“-eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14: 57-83.
- Max-Planck-Gesellschaft (2010) *Ökologische Genomik. Von Genen zu Ökosystemen. Forschungsperspektiven der Max-Planck-Gesellschaft*, 26-27.
- Mayr, E. (1954) Change of Genetic Environment and Evolution. IN: Huxley, J, Hardy, A. C. und Ford, E. B. [Hrsg] *Evolution as Process*. Allen and Unwin, London, 157-180.
- Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London.
- Mayr, E. (1988) *Toward a New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mayr, E. (1991) *Eine neue Philosophie der Biologie*. Piper Verlag, München, Zürich.
- Mayring, P. (2002) *Einführung in die Qualitative Sozialforschung* . 5. Auflage, Belz-Verlag, Weinheim und Basel.
- Menzel, S. und Bögenholz, S. (2006) *Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler(inne)n der elften Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12: 199-217.
- Meyer, H. (1987) *Unterrichtsmethoden. II: Praxisband*. Cornelsen Verlag Scriptor, Frankfurt am Main.
- Möller, K. (2010) *Lernen von Naturwissenschaften heisst: Konzepte verändern*. In: Labudde, P. [Hrsg.] *Fachdidaktik Naturwissenschaften 1.-9. Schuljahr*. Haupt Verlag, Bern, 57-72.
- Müllbacher, W. (2011) *Neuroplastizität*. In: Lehrner, J., Pusswald, G., Fertl, E., Strubreither, W. und Kryspin-Exner, I. [Hrsg.] *Klinische Neuropsychologie*. 2. Auflage, Springer Verlag, Wien, 611-625.
- Munro, P., Siekierski, E. und Weyer, M. [Hrsg.] Pyhel, T. (2009) *Wegweiser Evaluation. Von der Projektidee zum bleibenden Ausstellungserlebnis*. Oekom Verlag, München.
- Nabors, M. W. (2007) *Botanik*. Pearson Studium, München.
- Nehm, R. H. und Reilly, L. (2007) Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience*, 57 (3): 263-272.

- Nehm, R. H. und Schonfeld, I. S. (2007) Does Increasing Biology Teacher Knowledge of Evolution and the Nature of Science Lead to Greater Preference for the Teaching of Evolution in Schools?. *Journal of Science Teacher Education*, 18: 699-723.
- Niebert, K. (2010) Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. Band 31, Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- Noss, R. F. (2000) *The Redwood Forest: History, Ecology, and Conservation of the Coast Redwoods*. Island Press, Washington.
- Palmer, D. (1996) Students' Application of a Biological Concept: Factors Affecting Consistency. *Research in Science Education*, 26 (4): 409-419.
- Petri, J. (2014) Fallstudien zur Analyse von Lernpfaden. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. [Hrsg.] *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 95-105.
- Pietzarka, U. und Roloff, A. (2006) *Forstpark Tharandt. Nordamerikanische Waldformationen im Forstbotanischen Garten Tharandt. Ein Parkführer*. Technische Universität Dresden, Dresden.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. und Boyle, R. A. (1993) Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63 (2): 167-199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. und Gertzog, W.A. (1982) Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2): 211-227.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R. Hussmann, S., Ralle, B. und Thele, J. (2012) Lehr-Lernprozess initiieren und erforschen. *Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell*. MNU. 65 (8): 452-457.
- Prinou, L., Halkia, L. und Skordoulis, C. (2008) What Conceptions do Greek School Students Form about Biological Evolution?. *Evolution Education and Outreach*, 1: 312-317.
- Przyborski, A. und Wohlrab-Sahr, M. (2008) *Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.
- RMTRR – Rocky Mountain Tree-Ring Research (2013) Oldlist: A Database of Maximum Tree Ages. www.rmtrr.org/oldlist.htm (18.11.2014)
- Samarapungavan, A. und Wiers, R. W. (1997) Children's Thoughts on the Origin of Species: A Study of Explanatory Coherence. *Cognitive Science*, 21 (2): 147-177.
- Scheersoij, A. und Kullmann, H. (2007) Gendrift und Selektion spielerisch vermitteln. *Praxis der Naturwissenschaften-Biologie in der Schule*, 56 (7): 45-47.
- Scott, P., Asoko, H. und Leach, J. (2007) Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In: Abell, S. K. und Ledermann, N. G. (Hrsg.) *Handbook of Research on Science Education*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 31-56.

- Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F. und Demastes, J. W. (2003) Intentions and Beliefs in Students' Understanding and Acceptance of Biological Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. 40 (5): 510-528.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K. und Evans M. (2008) Changing Minds? Implications of Conceptual Change for Teaching and Learning about Biological Evolution. *Evolution Education and Outreach*, 1: 189-195.
- Smith, M. U. (2010) Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science & Education*, 19: 539-571.
- Stears, M. (2012) Exploring Biology Education Students' Response to a Course in Evolution at a South African University: Implications for their Roles as Future Teachers. *Journal of Biological Education*, 46 (1): 12-19.
- Stebbis, R. C. und Allen, B. (1979) Schulversuche zur Evolution – Simulation der natürlichen Auslese. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 32 (1): 37-44.
- Stevenson, J. (1991) The Long-Term Impact of Interactive Exhibits. *International Journal of Science Education*. 13(5): 521-531,
- Strgar, J. (2007) Increasing the Interest of Students in Plants. *Journal of Biological Education*. 42(1): 19-23.
- Strike, K. A. und Posner, G. J. (1992) A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: Duschl, R. und Hamilton, R. [Hrsg.] *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. New York University Press, New York, 147-176.
- Tunncliffe, S. D. (2001) Talking about Plants – Comments of Primary School Groups Looking at Plants Exhibits in a Botanical Garden. *Journal of Biological Education*. 36 (1): 27-34.
- Wallin, A. (2006) One Year after Teaching – How Consistent are Students in Using the Scientific Theory of Biological Evolution by Natural Selection? *Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB) London - England*, 1-13.
- Wandersee, J. H., Good, R. G. und Demastes, S. S. (1995) Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1: 43-54.
- Weber, U. (2005) *Biologie Oberstufe Gesamtband*. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Weitzel, H. (2006) *Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion*, Band 15, Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- Weitzel, H. (2010) Welche Bedeutung haben vorunterrichtliche Vorstellungen für das Lernen? In: Spörhase-Eichmann, U. und Ruppert, W. [Hrsg.] *Biologiedidaktik Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. 4. Auflage, Cornelsen Verlag, Berlin, 75-96.
- Weitzel, H. und Gropengießer, H. (2009) Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung: Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15: 287-305.

- Wiesner, H. (1994) Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 42: 43-50.
- Williams, G. C. (1966) Natural Selection, the Costs of Reproduction, and a Refinement of Lack's Principle. *American Naturalist*, 100 (916): 687-690.
- Wilson, E. O. (1997) *Der Wert der Vielfalt. Die Bedrohung des Artenreichtums und das Überleben des Menschen*. Piper Verlag, München.
- Wolf, N. (2013) *Subjektive Theorien zum Lerngegenstand „Nachhaltigkeit“ – Bedingungen und Möglichkeiten zur Förderung eines nachhaltigen Handelns im Biologieunterricht*. Dissertation, TU Dortmund.
- Wright, S. (1932) The Roles of Mutation, Inbreeding, Crossbreeding, and Selection in Evolution. *Proceedings of the Sixth International Congress on Genetics*, 355-366.
- Zabel, J. und Gropengießer, H. (2011) Learning Progress in Evolution Theory: Climbing a Ladder or Roaming a Landscape?. *Journal of Biological Education* 45 (3): 143-149.
- Zeki, S. (1992) The Visual Image in Mind and Brain. *Scientific American* 267: 43-50.

11 ANHANG

11.1 Untersuchungen zu Vorstellungen zu Themen der Evolution

Tabelle 22: Eine Auswahl der Studien, die sich mit der Untersuchung der Vorstellungen zu Themen der Evolution beschäftigen und einen Überblick über das Spektrum der Probanden, Methoden der Untersuchung und die Untersuchungsländer geben. Sortiert nach dem Jahr der Veröffentlichung.

Autoren	Land	Untersuchung	Art der Forschung in Bezug zur Vorstellung
Brumby 1979	England	Untersuchung der Vorstellungen zur natürlichen Selektion, Fragebogenstudie mit offenen und geschlossenen Fragen, 63 Studierende, Erstsemester	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Engel Clough & Wood-Robinson 1985	USA	Verständnis von biologischer Adaption, Interviewstudie, 84 SchülerInnen, 12-16 Jahre	Erhebung des Verständnisses (qualitativ)
Bishop & Anderson 1990	USA	Vorstellungen zur natürlichen Selektion als Teil der Evolution, Pre-Post-Test, Fragebogenstudie, 176 Studierende	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Jiménez-Aleixandre 1992	Spanien	"Conceptual shift" von Lamarckistisch zu Darwinistisch, Fragebogen, Pre-Post-Retest, mit Intervention, 34 SchülerInnen Gruppe mit Intervention, 35 SchülerInnen in der Kontrollgruppe, 14 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ)
Jensen & Finley 1996	USA	Veränderung des Verständnisses von Evolution durch verschiedene Unterrichtsangebote, Pre-Post-Interventionstest, Vergleich von vier Unterrichtsangeboten, 155 Studierende	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ)
Palmer et al. 1996	Australien	Vorstellungen zur Adaption (Anpassung), Interviewstudie, 74 SchülerInnen, 15-16 Jahre	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Samarapungavan & Wiers 1997	Niederlande	Gedanken von Kindern zur Entstehung von Arten, Interview zu Entstehung des Lebens, Veränderungen der Populationen, Aussterben von Arten, Variation innerhalb einer Art, etc. , 35 SchülerInnen, 9 Jahre (3. Klasse) und 12 Jahre (5.Klasse)	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Ferrari & Chi 1998	USA	Vorstellungen zur natürlichen Selektion, fünf Prinzipien nach Darwin, Protokolldaten qualitativ ausgewertet, 40 Studierende	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Hin 2000	China	Vorstellungen von Evolution, Interviewstudie, 28 Biologiestudierende,	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Anderson et al. 2002	USA	Vorstellungen von Natürlicher Selektion, Entwicklung und Evaluation eines Fragebogens (CINS), Fragebogen und Interview, 213 Studierende	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)

Hagman et al. 2003	Schweden	Konstruktion wissenschaftlicher Vorstellungen von Evolution durch eine Unterrichtseinheit zur Evolution, Evaluation dieser mit Hilfe von Videografie und Feldnotizen, Pretest und Posttest (ein Jahr nach der Intervention), 18 SchülerInnen, 17 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ)
Sinatra et al. 2003	USA	Untersuchung des Verständnisses und der Akzeptanz von Evolution, Fragebogenstudie, 93 Studierende, 18-40 Jahre	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Baalmann et al. 2004	Deutschland	Vorstellungen zum Prozess der Anpassung, Interviewstudie, Definition von vier Denkfiguren, 10 SchülerInnen, Oberstufe, Klassen 11-13	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Crawford et al. 2005	USA	Vorstellung zu evolutionären Prozessen, Interventionsstudie, Untersuchung der Lehrer sowie Studierendenvorstellungen, Einsatz einer Software, qualitative und quantitative Methoden: Audioaufnahmen, Videografie der Interaktion mit der Software, Fragebogenstudie (Prä-Post-Test), offene Aufgaben (Journal), Videografie der Gruppendiskussion, 21 Lehrer, Lehramtsstudierende	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ und qualitativ)
Johannsen & Krüger 2005	Deutschland	Schülervorstellungen zu verschiedenen Aspekten der Evolution, Fragebogenstudie, 306 SchülerInnen, Klasse 10-12	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Wallin 2006	Schweden	Schülervorstellungen zur Natürliche Selektion, Interventionsstudie, Pre-Post-Test, 79 SchülerInnen, 17-19 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ)
Kampourakis & Zogza 2007	Griechenland	Vergleich der Vorstellungen Lamarcks und Darwins mit denen der SchülerInnen, Fragebogenstudie mit offenen Fragen, 100 SchülerInnen, Interviewstudie mit 16 SchülerInnen, 15 Jahre	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ, quantitativ)
Nehm & Reilly 2007	USA	Untersuchung der Schülervorstellungen, zwei unterschiedliche Interventionen, Untersuchung des Einflusses der Schüleraktivität während der Intervention auf das Erlernen wissenschaftlicher Vorstellungen zur natürlichen Selektion, Fragebogenstudie mit multiple Choice und offenen Fragen, Interviews 182 Biologiestudierende, 17-36 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie
Nehm & Schonfeld 2007	USA	Vorstellungen zu Evolution und Verständnis von Nature of science, Interventionsstudie, Prä-Post-Test, Fragebogen, 44 Lehramtsstudierende.	Conceptual Change, Interventionsstudie (quantitativ)

Prinou et al. 2008	Griechenland	Untersuchung der Vorstellungen zur Evolutionstheorie nach dem Unterricht zur Evolutionstheorie, Fragebogenstudie mit offenen und geschlossenen Aufgaben, 411 SchülerInnen, 10. Klasse	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Kampourakis & Zogza 2009	Griechenland	Vorstellungen über evolutive Prozesse, Untersuchung des Einflusses der Struktur und des Kontexts der Intervention, Kognitiver Konflikt durch Intervention, Konsistenz dieser nach einer Intervention, (Prä-)Post-Follow-up Fragebogenstudie aller 98 SchülerInnen, Interviews mit 15 SchülerInnen vorher und nachher, 14-15 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie (qualitativ und quantitativ)
Weitzel & Gropengießer 2009	Deutschland	Schülervorstellungen zur stammesgeschichtlichen Anpassung, Vermittlungsexperiment, Videografie, Interview, 15 SchülerInnen, Oberstufe, 16-18 Jahre	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Graf & Soran 2011	Deutschland/ Türkei	Untersuchung des Verständnisses von Evolutionsmechanismen, der Überzeugung von Evolution, der Glaubensüberzeugung, Verständnis und Vertrauen von Wissenschaft sowie der Einfluss dieser Bereiche aufeinander, Fragebogenstudie, 729 Studierende in Deutschland und 243 Studierende der Türkei, Lehramtsstudierende	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)
Zabel & Gropengießer 2011	Deutschland	Untersuchung des Lernfortschrittes der SchülerInnen zur Evolutionstheorie, Unterrichtseinheit zu Darwins Theorie der natürlichen Selektion, Prä-Post-Test mittels eines Aufsatz zur Erklärung eines evolutionärem Phänomens, Conceptual landscape, 107 SchülerInnen, 13 Jahre	Conceptual Change, Interventionsstudie (qualitativ)
Cypionka 2012	Deutschland	Vorstellungen zur Evolution und Entwicklung bei Pflanzen, Interviewstudie, 8 SchülerInnen, 5. Klasse, 10-11 Jahre	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ)
Stears 2012	Süd Afrika	Untersuchung der Studierendenvorstellungen zu verschiedenen Themen der Evolution, Akzeptanz von Evolution, Verständnis von Nature of Science und Glaube, Fragebogenstudie mit Interviewstudie, 24 Lehramtsstudierende	Erhebung der Vorstellungen (qualitativ und quantitativ)
Lammert 2012	Deutschland	Untersuchung der Akzeptanz, des Wissens und der Vorstellungen zur Evolution, der Einflüsse der Faktoren aufeinander, des Einflusses der Einstellung zur Wissenschaft, Fragebogenstudie, 3969 SchülerInnen, 9. und 10. Klasse	Erhebung der Vorstellungen (quantitativ)

Fenner 2013	Deutschland	Untersuchung der Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Unterrichtseinheit zur Anpassung durch Selektion, Evaluation der Unterrichtseinheit in Hinblick auf die Vorstellungsentwicklung, Prä-Post-Test, Fragebogenstudie 710 SchülerInnen, Interviewstudie 27 SchülerInnen, 5. und 6. Klasse	Erhebung der Vorstellungen, Conceptual Change, Interventionsstudie (qualitativ und quantitativ)
-------------	-------------	---	---

11.2 Szenarien (V1-V4) des Fragebogens zur Erhebung der Schülervorstellungen zur Anpassung

Bitte lese Dir den Informationstext und die Antwortmöglichkeiten aufmerksam durch. Danach kreuze die Antwort an, die Deiner Meinung nach richtig ist. Wichtig: nur **ein** Kreuz pro Aufgabe setzen!

Entwicklung von fleischfressenden Pflanzen

V1

Die Venusfliegenfalle ist eine fleischfressende Pflanze. Sie kommt auf Böden mit zu wenigen Nährstoffen vor. Mit Hilfe ihrer speziell umgebildeten Fangblätter kann sie sich von Spinnen und Insekten ernähren. Dadurch ist die Nährstoffversorgung verbessert und die Pflanzen können wachsen. Wie entwickelten sich die Fangblätter?



Venusfliegenfalle

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

Einige Venusfliegenfallen bemerkten den Nährstoffmangel und bildeten daraufhin die Blätter zu Fangblättern um.	<input type="checkbox"/>
Die Venusfliegenfallen hatten aufgrund von Nährstoffmangel automatisch Fangblätter.	<input type="checkbox"/>
Die Venusfliegenfallen änderten ihre Erbinformation, so dass aus Blättern Fangblätter wurden.	<input type="checkbox"/>
Einige Venusfliegenfallen hatten zufällig Fangblätter, die weitervererbt wurden.	<input type="checkbox"/>
weiß nicht	<input type="checkbox"/>

Entwicklung von Finkenschnäbeln

V2

Auf den Galapagosinseln leben 14 verschiedene Finkenarten, die verschiedene Schnabelformen haben.

Wie kam es zu den verschiedenen Schnabelformen?



Drei Finkenarten, die auf den Galapagosinseln leben und verschieden große und kräftige Schnäbel haben.

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

Einige Finken veränderten automatisch ihre Schnabelform im Laufe ihres Lebens, weil sie versuchten andere Nahrung zu fressen.	<input type="checkbox"/>
Einige Finken bemerkten, dass bestimmte Nahrung von anderen Finken nicht gefressen wurde. Sie passten daraufhin ihre Schnabelformen an bisher nicht genutzte Nahrung an.	<input type="checkbox"/>
Einige Finken hatten zufällig andere Schnabelformen. Sie waren im Vorteil, weil sie andere Nahrung fressen konnten.	<input type="checkbox"/>
Einige Finken änderten ihre Erbinformation, so dass sie andere Schnabelformen bekamen. Dadurch konnten sie andere Nahrung fressen.	<input type="checkbox"/>
weiß nicht	<input type="checkbox"/>

Entwicklung von Kakteen

V3

In Wüsten gibt es wenig Wasser, es ist heiß und die Sonne scheint stark. Das ist für viele Pflanzen schlecht, denn aufgrund der Hitze und der trockenen Luft verlieren sie über die Blätter sehr viel Wasser.

Aus Kakteen mit Blättern sind deshalb blattlose Kakteen mit Dornen entstanden. Wie kam es dazu?



Blattloser Kaktus mit Dornen.

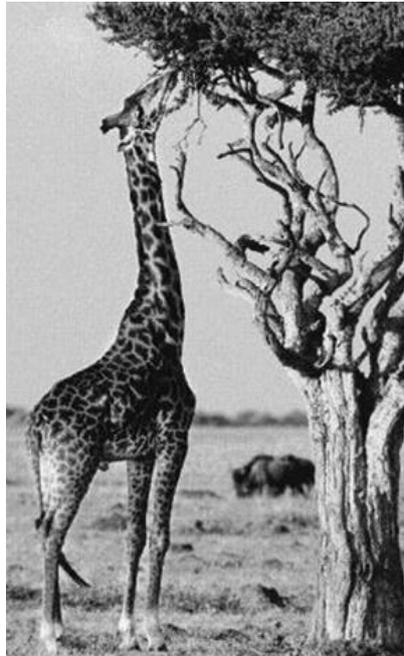
Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

Einige Kakteen bildeten zufällig kleinere Blätter aus, die sich über einen langen Zeitraum zu Dornen entwickelten. Sie hatten dadurch einen Überlebensvorteil, weil sie in der Wüste weniger Wasser verloren.	<input type="checkbox"/>
Einige Kakteen hatten automatisch kleinere Blätter, die sich zu Dornen entwickelten, weil sie dadurch weniger Wasser in der Wüste verloren. Somit hatten sie einen Überlebensvorteil.	<input type="checkbox"/>
Einige Kakteen veränderten ihre Erbinformation, so dass anstelle von Blättern Dornen gebildet wurden. Sie verloren dadurch weniger Wasser in der Wüste. So entwickelten sich im Laufe des Lebens eines Kaktusses Dornen.	<input type="checkbox"/>
Einige Kakteen mit Blättern merkten, dass sie zu viel Wasser verloren. Deshalb verkleinerten sie ihre Blätter, so dass Dornen entstanden. Dadurch verloren sie weniger Wasser und konnten besser Überleben.	<input type="checkbox"/>
weiß nicht	<input type="checkbox"/>

Entwicklung von Langhalsgiraffen

V4

Die Vorfahren der Langhalsgiraffen sind die Kurzhalsgiraffen. Diese Giraffen besaßen kurze Häuse. Heute besitzen die Giraffen lange Häuse, sie können dadurch die Blätter aus den Baumwipfeln fressen. Wie kam es zu den langen Häusen der Giraffen?



Langhalsgiraffen

Bitte kreuze eine der folgenden Antworten an.

Kurzhalsige Giraffen streckten den Hals, um auch das Futter in höheren Baumwipfeln zu erreichen. Dadurch wurden ihre Häuse automatisch länger und sie vererbten die langen Häuse weiter.	<input type="checkbox"/>
Kurzhalsige Giraffen merkten, dass sie ihre Häuse verlängern mussten, damit sie die Blätter von hohen Bäumen abfressen konnten. Also verlängerten sie ihre Häuse und vererbten die langen Häuse weiter.	<input type="checkbox"/>
Kurzhalsige Giraffen, die zufällig längere Häuse hatten, erreichten die Blätter von hohen Bäumen leichter als Giraffen mit kürzeren Häusen. Dadurch konnten sie auch die Blätter von hohen Bäumen abfressen. Die langen Häuse wurden weiter vererbt.	<input type="checkbox"/>
Kurzhalsige Giraffen veränderten ihre Erbinformation so, dass sie längere Häuse bekamen, um an die Blätter von hohen Bäumen zu kommen. Diese längeren Häuse vererbten sie weiter.	<input type="checkbox"/>
weiß nicht	<input type="checkbox"/>

11.3 Interviewleitfaden

Warm-Up:

Hallo (herzlich Willkommen): Ich bin Julia und Biologin.... Wie heißt du? Wie geht's dir? Das ist ein Forschungsprojekt der Uni Gießen....

Ich schreibe gerade meine Doktorarbeit und freu mich, dass du mir dabei hilfst.

Ganz wichtig, die Befragung findet **anonym** statt.

Einverständnis der Eltern?

Aufnahme ankündigen, ich stell dir ein paar Fragen und du erzählst mir was dir dazu einfällt.

Es gibt **keine richtigen oder falschen** Antworten, mir ist es wichtig, dass du das sagst, was du denkst.

Es gibt keine Noten...

Welches Fach hattest du denn grade? Was ist dein Lieblingsfach? Und warum?

Überleitung:

Ich beschäftige mich mit dem Thema Anpassung: ALLGEMEIN!!

Was fällt dir zu dem **Begriff Anpassung** ein? Erzählen lassen. (Wenn du den Begriff ANPASSUNG hörst, was fällt dir dazu ein?)

Übergang: Da ich Biologie studiert habe, interessiert mich am meisten die Anpassung bei Tieren und Pflanzen -

Kannst du mir dazu etwas sagen? Tiere und Pflanzen sind angepasst.

Kennst du in diesem Zusammenhang „Anpassungen“ oder „Angepasstheiten“?

Hauptteil I:

Im Unterricht hast du vielleicht schon mal von der **Angepasstheit der Fische** gehört.

Was fällt dir zu diesem Thema ein? (Bild zeigen)



Evtl. genauer: Wie ist der Fisch am Lebensraum Wasser angepasst? Warum kann er unter Wasser überleben und du nicht? Welche besonderen Strukturen hat er um im Wasser leben zu können?

Hauptteil II:

Bild von Maulwurf und Kaktus zeigen:



Abb. Europäischer Maulwurf (links) und Goldkugelkaktus (rechts)

(<http://www.natur-lexikon.com/Texte/MZ/001/00065-Maulwurf/MZ00065-Maulwurf.html>

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Echinocactus_grusonii_%28aka%29.jpg)

Ich hab hier zwei Bilder für dich; suche dir ein Beispiel raus, mit dem fangen wir an. **Erkläre mir, in wie weit sind Maulwürfe/Kakteen angepasst?** Woran sind diese Arten angepasst?

Wenn keine Antwort kommt, beschreiben lassen was **auf dem Bild zu sehen** ist.

GENAUER NACHFRAGEN: Inwieweit ist der Maulwurf/Kaktus angepasst?

An was sind Maulwürfe/Kakteen angepasst?

Welche Strukturen haben sie um dort zu überleben?

Erkläre mir, wie die Grabhände (Struktur) entstanden sind?

Wie stellst du dir vor, kommt es zur Anpassung/Angepasstheit? Wie Entwickeln sich die Anpassungsstrukturen (Beispiel nennen).

GENAUER NACHFRAGEN: Wie sind die Strukturen entstanden?

Wie kam es zu der Entwicklung der Angepasstheit? Wie kam es dazu, dass der Maulwurf z.B. starke Krallen hat, blind ist, etc.?

In was für einem Zeitraum fand die Anpassung/Entwicklung statt?

Sind alle Maulwürfe dieser Art (*Talpa europaea* / *Echinocactus grusonii*) gleich?

Verändern sich die Maulwürfe/Kakteen immer noch weiter?

Danach dasselbe mit dem anderen Objekt (Kaktus oder Maulwurf)

Warum hast du dich zuerst für die Kakteen/Maulwürfe entschieden?

Überleitung:

Warst du schon mal in den Bergen Wandern?

Ich hab hier ein Bild von meiner letzten Wanderung mitgebracht. Wenn du dir die Pflanzen anschaust, was fällt dir bei diesen Pflanzen auf? Beschreibe das Aussehen.



Abb. Berglandschaft am Mont Blanc

Hauptteil III

Edelweiß (*Leontopodium*) zeigen:



Abb. Edelweiß (<http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/22610354>)

Kennst du diese Pflanze (Edelweiß)?

Wenn du dir nun das Edelweiß anschaust. Was fällt dir besonders an dieser Pflanze auf?

(Erkläre mir welche Besonderheiten fallen dir beim Edelweiß auf, um mit den Bedingungen im Hochgebirge zurechtzukommen?)

Welche Lebensbedingungen herrschen in den Bergen/im Hochgebirge? Wie ist diese Pflanze an die Lebensbedingungen in den Bergen angepasst?

Erkläre mir, wie es dazu kommt, dass die Pflanzen in den Bergen so kleinwüchsig sind.

Erkläre mir, wie die „Haare“ an der „Blüte“ entstanden sein könnten.

Wie kommt es zu der Anpasstheit? Wie kommt es zu der Entwicklung von den Haaren auf den Blättern/Kleinwüchsigkeit?

Hauptteil IV:

Giraffen haben heute lange Häuse. Was meinst du, wie ihr langer Hals entstanden ist? (Wie geschieht die Veränderung von kurzhalsigen zu langhalsigen Giraffen?)

Hauptteil V:

„Tarnung“- Anpassung an Lebensraum

Welche der Agamen leben wo?



Abb. Lebensraum Regenwald (links) und Wüste (rechts)

(<http://www.die-gruene-suchmaschine.de/Artikel/1002-Riesenerfolg-fuer-Greenpeace-Asiens-groesster-Papierhersteller-stoppt-Regenwald-Rodung.html>,

<http://eaps-www.mit.edu/paoc/sites/default/files/users/35/Sahara.jpg>)

Beispiel: Agame- besiedeln viele verschiedene Lebensräume. Wüstenagame (*Agama mutabilis* braun) leben in der Sahara;



Abb. Wüstemagame (<http://aqua.cz/gfx/foto/1442.jpg>)

Grüne Wasseragame (*Physignathus cocincinus*- grau-grün) leben in (Regen-) Wäldern von Asien,



Abb. Wasseragame (<http://aqua.cz/gfx/foto/2534.jpg>)

Tarnung: Was ist das? Was bedeutet das? Wie kommt es dazu?

Wie entstanden die unterschiedlichen Farben der Agamen?

Wie entwickelten sich die beiden Arten? Wenn man davon ausgeht, dass sie einen gemeinsamen Vorfahren haben.

Abschluss:

Offene Fragen.

11.4 Fallbezogene thematische Zusammenfassungen der Interviews mit den 18 SchülerInnen der Hauptstudie

Tabelle 23: Fallzusammenfassungen der verschiedenen SchülerInnen zu den jeweiligen Beispielen und eine allgemeine Zusammenfassung jedes Probanden.

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
S1	<p>Kinder kaufen neue Klamotten (<i>äußerliche Veränderung</i>), um sich an die Mitschüler anzupassen (<i>aktive Anpassung</i>), weil sie dadurch auch cool sind (<i>zielgerichtet, Grund für die Anpassung</i>) (Absatz 19).</p> <p>Tiere passen sich an die Jahreszeiten an (<i>aktive Anpassung</i>). Beispielsweise verliert der Hund (<i>Individuum</i>) sein Winterfell (<i>äußerliche Veränderung</i>), weil er im Sommer nicht mehr so viele Haare braucht (<i>Notwendigkeit</i>) um sich zu wärmen (<i>zielgerichtet, Grund für die Anpassung</i>) (Absatz 23).</p>	<p>Fische passen sich der Tarnung an (<i>aktive Anpassung</i>), sie sind in der Farbe der Steine (<i>Merkmalsausprägung</i>). Sie haben Kiemen (<i>Merkmalsausprägung</i>), damit sie unter Wasser atmen können (<i>Funktion</i>). Sie brauchen das Wasser (<i>Notwendigkeit</i>) (Absatz 31-39)</p>	<p>Der Maulwurf ist blind, man sieht seine Augen nicht (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er hat eine große Nase (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>). Er hat Schaufelhände mit denen er gräbt (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 97-104).</p> <p>Der Maulwurf war früher nicht blind und hat normal über der Erde gelebt (<i>Ausgangssituation</i>). Da der Maulwurf leichte Beute für andere Tiere ist, ist er unter die Erde gegangen (<i>Lebensraumwechsel, aktive Anpassung</i>), um sich zu schützen (<i>zielgerichtet</i>). Dann haben sich seine Füße zu Schaufeln gewandelt (<i>einfach entwickelt</i>) und weil er unter der Erde keine Augen braucht (<i>Notwendigkeit</i>) ist er langsam (<i>graduelle Entwicklung</i>) blind geworden (Absatz 114).</p> <p>Die Entwicklung fand über 500 Jahre statt (Absatz 116)</p> <p>Maulwürfe einer Art unterscheiden sich in der Größe, sowie Menschen (Absatz 178)</p>
S2	<p>Ein Tier passt sich an die Umgebung an (<i>aktive Anpassung</i>). Beispielsweise der Schneehase passt sich mit dem Schnee an (<i>Auslöser Lebensbedingung</i>) (Absatz 3).</p>	<p>Der eine Fisch leuchtet mehr, weil er im tiefen Wasser schwimmt und da leuchtet er mehr, damit man ihn sieht (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 11).</p> <p>Der andere Fisch ist an die Farbe der Steine mit den Schuppen und den Flossen (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>) angepasst (<i>Farb-Angepasstheit</i>) (Absatz 13).</p> <p>Fische können unter Wasser überleben, weil sie "Kiefern" (er meint Kiemen) haben, um damit Sauerstoff aufzunehmen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Zudem haben sie Flossen, damit sie sich flink im Wasser bewegen können (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 17-19).</p>	<p>Der Maulwurf ist blind und hat eine lange Schnauze. Er hat große Hände, mit denen er in der Erde graben und sich schnell fortbewegen kann. Mit der Schnauze tastet er alles ab, das sind seine Augen (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 47- 49).</p> <p>Früher war der Maulwurf größer, konnte sehen und hat über der Erde gelebt (<i>Ausgangssituation</i>). Mit der Zeit wurde er kleiner, blind und konnte sich nicht mehr frei bewegen (<i>automatische Veränderung</i>). Dann haben sich die Hände entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>), damit er auch in der Erde graben kann, damit er in jeden Raum schauen kann (<i>zielgerichtet</i>) (Absatz 53). Die Hände haben sich umgeformt zu großen Händen (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 57).</p> <p>Maulwürfe einer Art unterscheiden sich in äußeren Merkmalen wie Größe, Felddichte etc. (Absatz 61).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
S1	<p>Kakteen leben in der Wüste (<i>Lebensraum</i>) und Tiere, die fast verhungert sind, können die Kakteen nicht fressen (<i>Grund für die Merkmalsausprägung</i>), weil sich diese mit ihren Stacheln (<i>Merkmalsausprägung</i>) schützen (<i>Funktion</i>). Dadurch das die Kakteen ganz nah zusammenstehen (<i>Verhalten</i>), schützen sie sich auch (<i>Funktion</i>) (Absatz 57-59).</p> <p>Die Stacheln haben sich entwickelt, weil die Kakteen sonst ausgestorben wären (<i>Nachteil</i>), weil die Tiere sie sonst gegessen hätten (<i>Grund für die Anpassung</i>) (Absatz 67).</p> <p>Die Blätter sind immer spitzer geworden (<i>graduelle Entwicklung</i>), bis sie so spitz waren, dass die Tiere die Kakteen nicht mehr fressen konnten (<i>Notwendigkeit; Grund für die Anpassung; Vorteil-Angepasstheit</i>) (Absatz 71-75).</p> <p>Die Entwicklung fand über ungefähr 100 Jahre oder 1000 Jahre statt (Absatz 77-79).</p> <p>Kakteen einer Art unterscheiden sich im äußerlichen Erscheinungsbild (Absatz 83).</p>	<p>Die Blätter, der Stängel und die Kronblätter des Edelweiß sind pelzig (äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung) (Absatz 160-162). Die Pflanze ist klein (äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung) (Absatz 164-167).</p> <p>Das Edelweiß wärmt sich mit den Haaren (äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion), damit sie nicht erfriert (Notwendigkeit; Grund für die Anpassung) (Vergleich mit Hund). Es schützt sich vor der Kälte (Funktion) (Absatz 170-172).</p> <p>Früher war der Berg kleiner (Ausgangssituation). Dadurch das der Berg gewachsen ist, sind die Pflanzen immer höher gekommen und es wurde immer kälter (Verändernde Lebensbedingungen - Auslöser). Die Pflanze merkt (Bewusstsein), dass es kälter wird und dann entwickeln sich die Härchen (einfach entwickelt) (Absatz 174).</p> <p>Edelweiß einer Art unterscheiden sich in der Größe (Absatz 176)</p>
S2	<p>Der Kaktus ist groß und dick. Er ist wie ein Ball oder ganz lang. Kakteen haben Stacheln (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 27-29).</p> <p>Die Kakteen können viel Wasser speichern, um sich auch in der Wüste Fortpflanzen zu können (<i>Merkmalsausprägung führt zu höheren Fitness</i>) (Absatz 33). Zum Speichern des Wassers haben sie einen Hohlraum (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) und außen eine dicke Schicht, an der die Stacheln dran sind (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 35).</p> <p>S2 weiß nicht wie sich diese Merkmalsausprägungen entwickelt haben könnten (Absatz 37). Fragt man ihn, wie sich aus Blättern solche Stacheln entwickelt haben könnten, sagt er: die Blätter seien ausgetrocknet und sind härter geworden und haben sich zu Stacheln entwickelt (<i>graduelle Entwicklung; einfach entwickelt</i>) (Absatz 43).</p> <p>Diese Entwicklung findet über einen längeren Zeitraum statt - über eine Million Jahre (Absatz 45).</p>	<p>Pflanzen in den Bergen entwickeln, wachsen dort gut (<i>entwickeln wird mit wachsen gleich gesetzt-Ontogenese</i>) (Absatz 90).</p> <p>Das Edelweiß könne an die Kälte angepasst sein (<i>Angepasstheit-Lebensbedingungen</i>), indem sie Wärme speichert (<i>Funktion</i>). Die Frage ist schwer (Absatz 102).</p> <p>S2 erkennt die Haare der Edelweißpflanzen nicht. Nach dem Hinweis auf die Haare vermutet er: Die Pflanze schützt sich mit den Haaren vor Kälte, wenn es zu kalt wäre, friert die Blume ein und kann sich nicht mehr fortpflanzen (<i>Notwendigkeit; Nachteil, Merkmalsausprägung führt zu Fortpflanzungserfolg/höherer Fitness-Grund für die Angepasstheit</i>) (Absatz 116).</p> <p>Die Pflanze wächst oben in den Bergen und hat sich an die Kälte (<i>Grund für die Anpassung</i>) angepasst (<i>aktive Anpassung</i>). Früher ist die Pflanze da oben immer ausgetrocknet (<i>Ausgangssituation</i>), bzw. eingefroren und mit der Zeit, nach ein paar tausend Jahren haben sich die Haare an der Pflanze entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 118).</p> <p>Die haben sich durch die Kälte (<i>Auslöser- Lebensbedingung</i>) entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Die Kälte hat die Pflanzen immer zerstört, damit die Pflanze Wärme speichern kann (Absatz 120). S2 weiß aber nicht genau wie es geht.</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
S1	<p>Die braune Agame lebt in der Wüste, weil sie sich dort vor Feinden tarnen kann. Die grüne lebt im Regenwald, weil sie sich dort auch tarnen kann (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 190). Tarnung bedeutet, dass das Tier nicht auf den ersten Blick von seinem Feind erkannt wird (<i>Vorteil-Angepasstheit</i>).</p> <p>Sie haben sich an ihre Umgebung angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) Je nachdem ob die Agamen in den Regenwald oder in die Wüste gekommen sind (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) sind sie grün oder braun geworden (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>). So wie das Chamäleon sich seiner Umgebung anpasst (<i>Vergleich</i>), nur dass es nicht so schnell ging wie beim Chamäleon (Absatz 196) (<i>einfach entwickelt</i>).</p>	<p>S1 erklärt die Entwicklung von Merkmalsausprägungen immer ausgehend von einer Ausgangssituation, die Entwicklung findet durch die sich verändernde Ausgangssituation, in seinem Fall die Lebensbedingungen, statt. Die Entwicklung selbst beschreibt er teils als graduelle Entwicklung und teils als Entwicklung die einfach stattfindet, ohne dass er sie näher erläutert. Diese Beschreibungen sind keinem Beispiel eindeutig zuzuordnen, teilweise verwendet er bei einem Beispiel die graduell und die "einfach entwickelt" Beschreibung des Prozesses gemeinsam.</p> <p>Bei den unbekanntem Beispielen bleibt S1 bei der Erklärung bei der Beschreibung durch "einfach entwickelt".</p> <p>Er bleibt auf der Individualebene und spricht nur selten von mehreren Individuen.</p>
S2	<p>Die grüne Agame lebt im Regenwald, weil sie sich an die Bäume oder Pflanzen anpassen kann (<i>aktive Anpassung</i>). Sie kann sich darunter verstecken oder kann sich an Beute anschleichen (<i>Vorteil</i>).</p> <p>Das unterschiedliche Wetter/Klima (<i>Auslöser- Lebensbedingung</i>) hat dazu geführt, dass sich aus einem Vorfahren zwei Arten entwickelt haben (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 146). Es haben sich zwei Arten an unterschiedliche Lebensräume angepasst (<i>aktive Anpassung; zielgerichtet</i>) (Absatz 148).</p>	<p>S2 beschreibt zahlreiche Merkmalsausprägungen und dessen Funktion. Er kann sich jedoch nicht den Entwicklungsprozess erklären und sagt immer wieder, dass ihm dies zu schwer sei oder er es nicht wüsste.</p> <p>Sowohl bei dem Edelweiß, als auch bei dem Kaktus steht die Möglichkeit sich fortzupflanzen im Vordergrund. S2 stellt dar, dass die Pflanzen sich nicht Fortpflanzen können, wenn sie vorher aussterben, deshalb sind bestimmte Merkmalsausprägungen vorhanden.</p> <p>Jede Entwicklung setzt einen Grund voraus, den er im Interview sucht und immer findet. Somit ist immer die Lebensbedingung der Auslöser für die Entwicklung, bzw. für das Vorhandensein der Merkmalsausprägung.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
S3	<p>Menschen passen sich in ihrem Verhalten (<i>Merkmalsausprägung</i>) an neue Umgebungen bzw. an andere Menschen an (<i>aktive Anpassung; zielgerichtet</i>). Beispielsweise, wenn ein Mensch in ein neues Dorf (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) kommt und die Leute da anders sind, muss er sich erstmal anpassen (<i>Notwendigkeit</i>) (Absatz 5).</p> <p>Anpassung beinhaltet auch, dass es in verschiedenen Gebieten der Welt verschiedene Pflanzen und Tiere gibt. Beispielsweise gibt es in Afrika Elefanten und in Deutschland nicht (<i>Angepasstheit</i>) (Absatz 9).</p>	<p>Fische leben unter Wasser, vielleicht gibt es verschiedene Ozeane und Meere auf der Welt und da gibt es verschiedene Fische (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 17).</p> <p>Fische ändern die Farbe (<i>aktive Anpassung</i>), wenn es dunkler wird (<i>verändernde Lebensbedingung</i>). (Absatz 21). Und wenn es gefährlich wird können sie auch ihre Farbe ändern (<i>aktive Anpassung, Notwendigkeit, zielgerichtet</i>) (Absatz 23).</p> <p>Fische können unter Wasser leben, weil sie Schuppen haben (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>) und sie kriegen unter Wasser Luft (<i>Funktion</i>). (Absatz 25) Es gibt auch Fische, die nicht die ganze Zeit unter Wasser leben können, beispielsweise der Wal oder eine Robbe (Absatz 27).</p>	<p>Maulwürfe sind angepasst (<i>Angepasstheit</i>), weil sie in ihrer Umgebung Löcher graben (<i>Verhalten</i>) und sich deshalb da gut auskennen (<i>Funktion</i>). Sie müssen unter der Erde wissen, aus welchen Löchern sie rauskommen müssen (<i>Notwendigkeit</i>). Denn wenn irgendeine Gefahr kommt (Mensch oder anderes Tier) (<i>Auslöser</i>) dann muss er wissen wo er sich sofort verstecken kann (<i>Notwendigkeit</i>). Er kriecht dann in eins seiner Verstecke. Er lockt so auch andere, kleinere Tiere an, weil er die zum Essen braucht (Absatz 59).</p> <p>Der Maulwurf sieht müde aus (Absatz 61). Er sieht wahrscheinlich müde aus, weil er aus der Erde (<i>Lebensraum</i>) kommt und da ist es dunkel und dann kommt er an die Erdoberfläche und da ist es hell (<i>verändernde Lebensbedingung</i>). Da müssen sich die Augen dran gewöhnen. Die Augen müssen (<i>Notwendigkeit</i>) sich dem Umfeld anpassen (<i>Anpassung in kürzester Zeit</i>) (Absatz 65).</p> <p>Der Maulwurf ist klein, hat aber Hände und Füße und kann sich gut bewegen (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>) (<i>Funktion</i>) (Absatz 67). Mit den Grabhänden kann er graben (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 75).</p> <p>Die Maulwürfe hatten anfangs keine Grabhände (<i>Ausgangssituation</i>) und dann haben sie angefangen zu graben und deswegen erhält er irgendwann die Hände (<i>durch Gebrauch entstehen Merkmale</i>). Dadurch, dass er immer weiter gräbt wird es auch an die Nachfahren weitergegeben (<i>Vererbung von erworbenen Eigenschaften</i>). Wenn die sich fortpflanzen, dann werden die nicht größer aber vielleicht stärker oder man kann mit den vererbten Händen besser etwas machen (Absatz 77).</p>
S4	<p>Man passt (<i>aktive Anpassung</i>) sich an etwas an (<i>zielgerichtet</i>) und ist flexibel. Wenn die Firma, in der man Arbeiten beispielsweise umzieht (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>), muss (<i>Notwendigkeit</i>) man sich anpassen und mit umziehen (<i>aktive Anpassung</i>). (Absatz 5)</p> <p>Anpassung an die Natur, z.B. Winterschlaf (<i>Individualebene</i>) (Absatz 7).</p>	<p>Fische tarnen sich vor Feinden (Absatz 9), sodass sie die gleiche Farbe wie die Steine haben (Absatz 11) (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion; Vorteil</i>).</p> <p>Der Fisch kann unter Wasser leben, weil er dort Nahrung hat und weil er unter Wasser mit den Kiemen atmen kann. Er filtert die Luft mit den Kiemen aus dem Wasser (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 15-19).</p>	<p>Vielleicht ist der Maulwurf wegen diesen bestimmten Krallen angepasst, sodass er damit unter der Erde graben kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er ist blind, weil er immer unter der Erde ist (<i>Merkmalsausprägung; Grund für die Angepasstheit</i>) (Absatz 25).</p> <p>Die Hände könnten durch Evolution, Entwicklung entstanden sein (<i>Evolution als Antrieb</i>). Die Tiere hatten sich verändert über die Zeit (<i>Vergangenheit!</i>) (Absatz 29) über viele viele Jahre, vielleicht Millionen Jahren (Absatz 31).</p> <p>Maulwürfe hatten früher nicht so gute Grabhände, dann haben die sich immer wieder verändert (<i>graduelle Veränderung</i>), die Gene haben sich verändert (<i>Anpassung durch Veränderung der Gene</i>)(Absatz 33).</p> <p>Maulwürfe einer Art unterscheiden sich in äußerlichen Merkmalen wie Fellfarbe (Absatz 41).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
S3	<p>Kakteen sehen der Umgebung sehr ähnlich (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>). Die Farbe ist ziemlich gleich, wie eine Tarnfarbe (Absatz 33). Kakteen leben in Afrika und es sieht so aus, als sei die Umgebung ziemlich vertrocknet und es wohnen wenig Menschen dort, also ist das in der Wüste (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 35).</p> <p>Dadurch, dass dort kaum Menschen sind, können diese die Samen der Kakteen nicht pflanzen und somit können die Kakteen sich auch nicht weiter ausbreiten (<i>Mensch ist für alles verantwortlich</i>) (Absatz 37) und sind immer an einem Fleck (Absatz 33).</p> <p>Die Kakteen auf dem Bild sehen gepflegt aus, so also würden sich jemand um die kümmern. Der sieht so aus, als würde er viel gewässert werden (<i>Erklärung warum er in der Wüste überleben kann; Mensch verantwortlich für das Überleben</i>) (Absatz 39).</p> <p>Kakteen haben die Stacheln zur Verteidigung (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Es könnte sein dass die Tiere irgendwas von dem Kaktus essen wollen (<i>Grund-Lebensbedingung</i>) und durch die Stacheln würden die Tiere nicht auf die Idee kommen den Kaktus anzubeißen (<i>Vorteil</i>) (Absatz 40-45).</p> <p>Der Kaktus hat einzelne Kerbungen, so Dinger, die nach außen gucken, wie so ein Bogen (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägungen</i>). Es kann sein, dass er da nicht mehr weiter wachsen kann (<i>Grund, Auslöser</i>) und dass das Innere dann in Form von Stacheln (<i>Merkmalsausprägung</i>) nach außen wächst (<i>passiv; Grenzen des Wachstums führen zur Entwicklung</i>) und sich so zur Seite biegt (<i>Individualebene</i>) (Absatz 47). Die Stacheln haben sich in 5-10 Jahren entwickelt (Absatz 53).</p> <p>Kakteen einer Art unterscheiden sich im äußerlichen Erscheinungsbild (Absatz 49).</p>	<p>S3 hat die Pflanze schon mal gesehen und das war Ende Winter Anfang Frühling, da hat sie grade geblüht (Absatz 115).</p> <p>Die ist ziemlich schön und in der Umgebung stehen keine Anderen, deshalb steht die wahrscheinlich unter Naturschutz. Es gibt die nur noch selten (Absatz 117).</p> <p>Besonders am Edelweiß sind die gelben Kronen oben und sowas weißes, das aussieht wie kleine Haare oder Spinnweben (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägungen</i>), die umhüllen die Blätter und den Stiel (Absatz 119-121).</p> <p>Die Lebensbedingungen im Gebirge sind nicht so gut, da dort oben in der Regel kein Mensch wohnt (<i>Bezug zum Menschen</i>). Und normalerweise ist es dort oben auch kälter (Absatz 125).</p> <p>Die Härchen haben sich durch die Kälte (<i>Auslöser-Lebensbedingungen</i>) entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Vielleicht um die Kälte abzuweisen (<i>zielgerichtet, Funktion</i>). Wenn die im Herbst blühen, dann ist das im Winter schlecht (<i>Nachteil- Notwendigkeit</i>) für die und deshalb haben die die Härchen gebildet (<i>aktive Anpassung; einfach entwickelt</i>) (Absatz 127).</p> <p>Die Entwicklung findet im Leben eines Individuums statt, es dauert 1/2-2 Jahr bis sich die Haare entwickelt haben (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 129). Das Edelweiß hatte noch nicht immer Haare, sonst könnten sich keine Entwickeln (Absatz 131).</p>
S4	<p>Der Kaktus braucht vielleicht nicht so viel Wasser, weil er in der Wüste lebt (Lebensbedingungen-Grund). Und deshalb hat er (Individualebene) sich angepasst (aktive Anpassung), damit er nicht so viel Wasser braucht (Notwendigkeit-Grund, zielgerichtet). Oder vielleicht schützen ihn die Stacheln irgendwie (Merkmalsausprägung mit Funktion) (Absatz 43), vor Tieren (Absatz 45)</p> <p>Die Stacheln haben sich im Laufe der Jahre zum Schutz (Zielgerichtet) entwickelt (einfach entwickelt) (Absatz 47).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich in ihrem äußerlichen Erscheinungsbild (Absatz 49)</p>	<p>Er kennt die Pflanze - Edelweiß. Sie sieht gefroren aus (Absatz 65).</p> <p>Es sieht aus als sei sie mit Schnee bedeckt, weil das so weiß ist und dort so eine Art Fell drauf ist (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>). (Absatz 67).</p> <p>Es sieht starr aus (Absatz 69).</p> <p>Er kann nicht erklären, wie sich die Haare entwickelt haben könnten (Absatz 71)</p> <p>Vielleicht könnte das Edelweiß die Haare auf der Blüte haben, damit die Bestäuber darauf besser landen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er glaubt nicht wirklich seiner aufgestellten Vermutung.</p> <p>Die Edelweiße hatten das noch nicht immer. Das hat sich entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Vielleicht dadurch, dass es da oben in den Bergen geschneit hat (<i>Lebensbedingungen-Auslöser</i>), haben die das irgendwie als Schutz gemacht (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>), aber das klingt unlogisch (Absatz 85).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
S3	<p>Grüne Agamen leben im Regenwald, weil die da ziemlich farblich (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) angepasst sind (<i>Angepasstheit</i>). Die können sich gut im Regenwald tarnen, sich verstecken oder unbemerkt etwas machen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Vorteil</i>). Die braune könne in der Wüste ziemlich viel damit anfangen (<i>Nutzen</i>) (Absatz 151)</p> <p>Die grüne Agame ist in den Regenwald gekommen und die braune in die Wüste (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und dann haben die sich an die Umgebung (<i>zielgerichtet</i>) anpasst (<i>aktive Anpassung</i>). Die müssen (<i>Notwendigkeit</i>) sich ja der Umgebung (<i>Lebensraum</i>) von der Farbe (<i>Merkmalsausprägung</i>) her anpassen (<i>aktive Anpassung</i>). Deswegen hat sich mit der Zeit die Tarnung, sprich die Farbe, verändert (<i>einfach entwickelt über die Zeit</i>) (Absatz 155). Das hat sich entwickelt, weil die Umgebung ganz grün war und als sich die Agamen vermehrt (<i>Generationen</i>) haben, sind die immer grüner geworden (<i>graduell entwickelt</i>) (Absatz 157).</p>	<p>S3 teilt die unterschiedlichen Lebensräume nach den unterschiedlichen Ländern und Meeren ein, nicht nach den unterschiedlichen Ökosystemen/Habitaten/Nischen.</p> <p>Er nimmt einige Male Bezug zum Menschen.</p> <p>Er spricht vom angepassten Verhalten. Anpassung in kurzer Zeit (Augen-sehen-Maulwurf) ehr als "Gewöhnen" gedeutet.</p> <p>Entwicklung der Grabhände durch Gebrauch der Hände und Weitervererbung an Nachkommen. Diese Entwicklung ist seiner Meinung nach zielgerichtet. Die Stacheln der Kakteen entwickeln sich dahingegen nicht zielgerichtet, sondern aus der Begrenzung des Wachstums eines Kaktus heraus. Er nimmt bei der Beschreibung der Entwicklung der Stacheln keinen Bezug zur Funktion der Stacheln. Die Entwicklung der Härchen des Edelweißes findet einfach statt und wird ausgelöst durch Lebensbedingungen. Die Entwicklung ist notwendig und zielgerichtet um keinen Nachteil zu haben.</p> <p>Bei den Agamen hat sich die Farbe zielgerichtet und aus der Notwendigkeit "angepasst" an die Umwelt und die Entwicklung findet schrittweise von Generation zu Generation statt. Die Agamen vermehren sich und werden dadurch immer grüner. Folglich beschreibt er mit Hilfe vieler verschiedener Kategorien die Anpassung. Und nutzt unterschiedliche Erklärungen bei verschiedenen Beispielen.</p>
S4	<p>Die grünen leben im Regenwald und die braunen in der Wüste, denn die haben ein bisschen die Farbe des Lebensraumes (<i>äußerlich erkennbare Merkmalsausprägung</i>). Die grüne sieht auch exotischer aus und die braune wie die Wüste (Absatz 91). Sie haben die Farben zur Tarnung (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Sie tarnen sich vor Feinden und damit sie ihre Beute besser fangen können (<i>Funktion, Vorteil</i>) (Absatz 95-97).</p> <p>Früher war es eine Art, davon gab es ganz viele (<i>Population</i>) und die einen sind in den Regenwald gekommen und ein paar in die Wüste (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und dann haben die sich so entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Sie haben sich an die Natur angepasst (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>). An die Natur bedeutet, an das Klima etc. (Absatz 101-102).</p> <p>Vielleicht waren die Tiere anfangs noch nicht für den Lebensraum gedacht (<i>Ausgangssituation-Nachteil</i>) (Wer denkt?) und dann haben sich diese immer wieder angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) an ihre Umgebung (<i>zielgerichtet</i>). (Absatz 105).</p> <p>Die sind durch die Sonne, die Trockenheit, die Tarnung braun geworden (Absatz 107).</p>	<p>S4 stellt Vermutungen zur Entwicklung auf, kann sich diese aber nicht wirklich erklären und deshalb sagt er selbst, dass es unlogisch ist und deshalb nicht so sein kann. Die Erklärungsansätze beinhalten eine zielgerichtete aktive Anpassung an die Umwelt/Natur.</p> <p>Er nennt Evolution als den Antrieb für die Entwicklung von den Grabhänden des Maulwurfes. Auch bei ihm sind die Lebensbedingungen der Grund für die Angepasstheit oder Auslöser für die Anpassung.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
S5	Irgendetwas miteinander vergleichen (Absatz 5).	<p>Der eine Fisch ist an den Stein angepasst und der andere an die Dunkelheit (<i>Angepasstheit mit der Farbe</i>) (Absatz 11).</p> <p>Sie können unter Wasser leben, weil sie Kiemen haben (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 5).</p> <p>Und sie können unter Wasser leben, weil sie sich dem Lebensraum anpassen (<i>Angepasstheit</i>) (Absatz 17), sodass die senffarbenen eher bei den Steinen leben und die dunkleren im dunklen (Absatz 19).</p>	<p>Maulwürfe sind ein bisschen dunkler (Absatz 29) und leben unter der Erde (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 31). Die Hände sind so, dass die Maulwürfe damit die Erde raus karren können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 37).</p> <p>Nicht unbedingt alle Maulwürfe hatten immer Grabhände (Absatz 41). Er kann sich nicht vorstellen, wie sich diese entwickelt haben (Absatz 45).</p>
S6	Anpassung an neue Klassenkameraden (Absatz 3) (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet, Grund: Neue Bedingungen</i>).	<p>Der eine Fisch ist hell, der andere dunkel (<i>Angepasstheit mit der Farbe</i>). Der helle ist immer im Dunkeln, tief unten und deswegen ist er hell. Er ist hell, damit ihn die anderen Tiere vielleicht sehen und ihn nicht angreifen (<i>Grund für die Angepasstheit - Lebensraum; Vorteil</i>). Vielleicht ist er getarnt, wenn er zu den Korallen schwimmt, dann sieht man ihn nicht (Absatz 9).</p> <p>Er ist an das Meer/Wasser angepasst, weil er Flossen und Kiemen (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 13) hat.</p>	<p>Der Maulwurf ist ziemlich klein (<i>Merkmalsausprägung</i>) und kann sich unter der Erde mit den Pfoten und der Schnauze durchgraben und seinen Bau bauen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 17). Der Maulwurf ist schwarz, hat Pfoten und eine kleine Schnauze (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 19).</p> <p>Er weiß nicht, wie die Grabhände entstanden sein könnten (<i>keine Entwicklung erklärt</i>) (Absatz 23).</p> <p>Maulwürfe sind nicht alle gleich, denn sie sehen schon unterschiedliche aus (<i>äußerlich erkennbare Unterschiede</i>). Aber jeder macht das Gleiche, sie können das Gleiche, sie sind ziemlich gleich (<i>Fähigkeiten gleich</i>). (Absatz 25) Im Verhalten unterscheiden sie sich (Absatz 27).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
S5	<p>Der Kaktus ist mit der Schicht, da wo die Stacheln drauf sind angepasst (<i>Merkmalsausprägung; Angepasstheit</i>). In einem Buch hat er gelesen, dass man Kakteen anzapfen kann (Absatz 59): vielleicht haben die innen einen Wasserraum (<i>Merkmalsausprägung</i>) und mit diesem Wasser können die Überleben (<i>Überlebensvorteil durch Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 61).</p> <p>Die Entwicklung kann S5 nicht weiter erläutern und sagt dies auch (<i>keine Erklärung d. Entwicklung</i>) (Absatz 63).</p>	<p>Das Edelweiß könnte an einen kälteren Lebensraum angepasst sein (Absatz 79).</p> <p>Das Edelweiß ist weiß und hat oben komische Teile (<i>Merkmalsausprägungen</i>), ansonsten sieht sie ehr normal aus (Absatz 83).</p> <p>Das Edelweiß könnte klein sein, weil die Temperatur in den Bergen kälter ist und dann kann sie nicht so gut wachsen (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 87).</p>
S6	<p>Kakteen sind an Orten, an denen es ziemlich trocken (<i>Lebensraum/Lebensbedingungen</i>) ist und die einer Art sind alle an einer Stelle, nah beieinander. Sie haben Stacheln, damit die Tiere sie nicht angreifen oder essen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Vorteil</i>) (Absatz 31).</p> <p>Die Kakteen sind an die Trockenheit angepasst, weil sie weniger Wasser brauchen (<i>Funktion</i>). Eine Sonnenblume würde dort nicht Überleben (<i>Vorteil anderen Pflanzen gegenüber</i>), weil es dort so heiß ist (<i>Grund</i>). (Absatz 33)</p> <p>Die sind angepasst, damit die Überleben können und nicht nach einem Tag kaputt gehen (<i>Grund für die Angepasstheit, Notwendigkeit, zielgerichtet</i>) (Absatz 35).</p> <p>Die Stacheln sind mitgewachsen, als der Kaktus gewachsen ist (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 39) Alle Kakteen dieser Art hatten schon immer die Stacheln (<i>Keine evolutionäre Entwicklung</i>) (Absatz 40-41).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich im Aussehen und sind somit nicht alle gleich. Aber Kakteen einer Art sind ziemlich gleich, sie unterscheiden sich äußerlich jedoch etwas (Absatz 45-49).</p>	<p>Das Edelweiß ist weiß, denn wenn viel Schnee liegt, kann man sie nicht gut sehen und dadurch schützt sie sich vor Fressfeinden (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 67). Ansonsten ist sie nicht so geschützt. (Absatz 69)</p> <p>Die Blüten sind weiß, weil sie im Winter unter dem Schnee anfängt zu wachsen (<i>Begründung</i>) und nicht so viel Sonne abbekommt, dann bleiben die Blüten weiß (<i>Ontogenese, Auslöser Lebensbedingungen</i>).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
S5	<p>Die Kleineren können in Höhlen verschwinden und sind braun. Und die grünen passen besser zum Regenwald (<i>Merkmalsausprägung, Vorteil</i>) (Absatz 109). Die können sich da besser anpassen (<i>aktive Anpassung; zielgerichtet</i>) an den Lebensraum (Absatz 111).</p> <p>Auch hier kann er die Entwicklung nicht erklären (Absatz 113).</p>	<p>S5 erklärt in keinem Beispiel die Entwicklung von Merkmalsausprägungen. Er sagt immer, er wisse nicht wie die Entwicklung stattfindet.</p> <p>Arten sind nicht einfach so da, sie kommen irgendwo her. Woher sagt er nicht.</p>
S6	<p>Die Agamen passen sich an die Umwelt (<i>Auslöser- Lebensbedingung</i>), an die Außenwelt an (<i>aktive Anpassung</i>) und tarnen sich dadurch (<i>Funktion</i>). Die haben die gleichen Farben wie der Lebensraum (<i>Merkmalsausprägung</i>). Die grüne Agame würde in der Wüste sofort auffallen, wenn ein Tier kommt, würde das dann die Agame auffressen (Vorteil- Angepasstheit) (Absatz 93).</p> <p>Tarnung bedeutet Überlebensvorteil ohne viel Aufwand (Absatz 95)</p> <p>Ein paar der Tiere sind in den Regenwald und ein paar in die Wüste gekommen (<i>Veränderung der Lebensbedingungen</i>). Sie brauchten Tarnung (<i>Grund - Notwendigkeit</i>), damit sie nicht gefressen werden (<i>zielgerichtet; Funktion</i>), deshalb passen sie sich (<i>aktive Anpassung</i>) an die Lebensbedingung an (Absatz 97). Sie wechseln ihre Farbe, doch wie das funktioniert weiß S6 nicht (Absatz 99-100).</p>	<p>Bei beiden Pflanzenbeispielen erklärt S6 die Entwicklung als Ontogenese. Und auch beim Giraffenbeispiel nimmt er Bezug auf das Wachstum einer Giraffe in ihrem Leben. Beim Maulwurf kann er sich nicht erklären, wie die Grabhände entstanden sein könnten.</p> <p>Die Anpassung findet aktiv bei Agamen statt, hier spielt auch die Veränderung der Lebensbedingung eine Rolle.</p> <p>Er hat die Vorstellung, die Angepasstheit bringe immer Vorteile mit sich und führe somit zum Überleben des Individuums.</p> <p>Auslöser für Angepasstheit sind die Lebensbedingungen, diese bestimmen die Farbe, Struktur etc. sowohl bei Pflanzen, als auch bei Tieren.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
S7	<p>Man muss (<i>Notwendigkeit</i>) sich an Kulturen (<i>Bedingungen</i>) anpassen (<i>aktive Anpassung</i>). Wenn man Umzieht (<i>verändernde Bedingungen</i>) muss man sich an die neue Gegend und andere Leute anpassen. Sein Verhalten passt man an (Absatz 3).</p>	<p>Fische müssen sich an die Nahrung anpassen (<i>aktive Anpassung; Notwendigkeit</i>) (Absatz 11). Die Leben da wo es mehr Nahrung gibt (Absatz 13).</p> <p>Sie leben im Wasser und haben Schuppen und Flossen und Kiemen (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 17).</p>	<p>Der Maulwurf hat keine Augen und ist deshalb blind. Mit diesen Härchen und der Nase muss der alles erfühlen und erreichen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er baut sich so seine Wege durch die Erde (<i>Funktion; Lebensraum</i>) (Absatz 45).</p> <p>Sie haben Krallen, sodass sie besser (<i>Bewertung</i>) buddeln können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 49).</p> <p>Der Maulwurf war von Anfang an blind (<i>Ausgangssituation, Keine Entwicklung</i>) und hat unter der Erde gelebt (<i>Lebensbedingungen</i>). Er hat nicht gesehen, wo er lang gräbt (<i>Grund-Nachteil</i>). Deshalb muss er sich anpassen (<i>aktive Anpassung, Notwendigkeit</i>), damit er sich zurechtfindet (<i>zielgerichtet</i>) (Absatz 53).</p> <p>Er hat ziemlich lange Krallen, um besser (<i>Bewertung</i>) graben zu können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er hat sich angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) um sich besser unter der Erde zurechtzufinden (<i>zielgerichtet, Vorteil</i>) (Absatz 55).</p> <p>Er hat sich den Umständen angepasst (<i>aktive Anpassung; Lebensbedingungen</i>) (Absatz 59).</p> <p>Die Grabhände haben sich über ca. hundert Jahre oder mehr entwickelt. Ein Maulwurf lebt nur ca. fünf Jahre (Absatz 61-63).</p> <p>In unterschiedlichen Ländern unterscheiden sich die Maulwürfe, jedoch haben sie von der "Art" her alle etwas gemeinsam. Die Maulwürfe entwickeln sich in anderen Gebieten anders, da dort andere Lebensbedingungen herrschen (Absatz 67).</p>
S9	<p>Anpassung bedeuten, sich vergleichen und gleich werden (Absatz 3). Wenn man wird wie jemand der voll cool ist (<i>zielgerichtet</i>).</p>	<p>Fische sind an den Naturraum angepasst. Der hier sieht aus die der Hintergrund, als würde er sich der Umgebung mit der Farbe (<i>Merkmalsausprägung</i>) anpassen (<i>aktive Anpassung</i>). Der andere leuchtet, damit er im Dunkeln was sieht (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 11).</p> <p>Der Fisch hat Schuppen (<i>Merkmalsausprägung</i>) und er kann unter Wasser atmen (<i>Funktion</i>)(Absatz 15) Er hat Flossen (Absatz 17).</p>	<p>Maulwürfe sind blind (<i>Funktion</i>), sie tasten alles ab (<i>Verhalten</i>) und fühlen sich im Untergrund sehr wohl (Absatz 21). Die graben sich durch die Erde (<i>Verhalten</i>) (Absatz 23). Die sind immer blind (Absatz 25) (<i>Keine Entwicklung</i>).</p> <p>Die Grabhände haben Maulwürfe einfach, das ist einfach so (<i>Keine Entwicklung</i>)(Absatz 27).</p> <p>Maulwürde sind alle gleich (Absatz 30-31). Aber die waren nicht immer so wie sie heute sind (<i>Entwicklung</i>), früher waren die noch größer (Absatz 33). Vergleich mit Libellen zur Zeit der Dinosaurier, die waren damals auch größer (<i>Bezug zu vorhanden Wissen</i>) (Absatz 35). Die sind kleiner geworden, weil mehrere Tiere ausgestorben sind. Die hatten weniger Raum (<i>Lebensbedingungen</i>) und haben sich daran anpassen müssen (<i>aktive Anpassung, Notwendigkeit</i>) (Absatz 39).</p> <p>Vor ein paar Millionen Jahren hat die Anpassung stattgefunden und die Anpassung passiert einfach so (<i>einfach entwickelt</i>). Und jetzt bleiben die erst mal wieder ein paar Jahrhunderte so (<i>graduelle Entwicklung</i>) (Absatz 41).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
S7	<p>Kakteen brauchen wenig Wasser, weil sie in Gebieten wachsen, in denen wenig Wasser vorhanden ist (<i>Grund Lebensbedingung</i>). Die Kakteen speichern das Wasser und teilen es sich ein (<i>Funktion</i>) (Absatz 23-25). S7 weiß nicht wie das Wasser gespeichert wird.</p> <p>Dadurch, dass es so wenig Wasser gab, musste (<i>Notwendigkeit</i>) sich Speichergewebe einfach entwickeln (<i>einfach entwickelt</i>), damit sie überleben können (<i>Überlebensvorteil</i>). Diese Zellen waren einfach in dem Gewebe drin um Wasser zu speichern (Absatz 29).</p> <p>Kakteen dieser Art unterscheiden sich um das äußerliche Erscheinungsbild und sind somit nicht gleich (Absatz 37).</p> <p>Entwicklung findet über mehrere hundert Jahre statt und länger, als ein Individuum existiert (Absatz 39-43).</p>	<p>Das Edelweiß hat Härchen an den Blättern, an der Blüte, überall (<i>Merkmalsausprägung</i>). Sie wächst an steilen Felsen (<i>Funktion/Verhalten</i>) (Absatz 83).</p> <p>Das Edelweiß ist an die wenige Erde angepasst, denn da wo die Wurzeln sind, sind nur Steine und keine Erde. Und sie wächst da wo es Steil ist (<i>Lebensbedingungen</i>) (Absatz 85).</p> <p>Die Härchen könnten für eine bessere Wasseraufnahme sorgen (<i>Vorteil</i>), denn das Wasser fließt da ja so runter (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 89).</p> <p>Vielleicht hatte die Pflanze früher zu wenig Wasser und dann hat sie sich entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>), sodass sie mit dem Wasser auskommen kann (<i>zielgerichtet, Überlebensvorteil</i>) (Absatz 93).</p> <p>Diese Entwicklung dauert mehr als hundert Jahre (Absatz 95).</p>
S9	<p>Der Kaktus ist eine Pflanze und der schützt sich mit den Stacheln (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 43). Geschützt ist er vor Angreifern (Absatz 45).</p> <p>Die sind stachelig, kratzig und so ähnlich wie der Hintergrund (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 47).</p> <p>Die Stacheln der Kakteen sind ganz klein, wenn sie gepflanzt werden und die wachsen dann (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 53).</p> <p>Es gibt Kakteen seit etwa tausend Jahren (Absatz 57).</p> <p>Die wachsen in der Erde auf und durch kleine Pflanzen, die sich dann durch Sand mischen, sind die entstanden (<i>Durchmischen von etwas führt zu was Neuem</i>) (Absatz 59).</p> <p>In der Wüste ist es sehr heiß und deshalb braucht der viel Wasser (<i>Lebensbedingung</i>), der Kaktus zieht das Wasser aus der Erde (<i>Funktion</i>) (Absatz 63).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich in ihrem äußerlichen Erscheinungsbild, Größe, Stachelgröße (Absatz 65).</p>	<p>Das Edelweiß ist ganz oben weiß und sieht aus wie eine Wolke (<i>Bezug zur Lebenswelt</i>), unten ist sie grün und dann wird sie immer heller und oben ist sie dann ganz weiß (<i>Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 77).</p> <p>Sie wächst direkt am Abgrund (<i>Lebensbedingungen</i>) (Absatz 79).</p> <p>Durch die Erde ist es angepasst (?). Die passt sich durch das Gras an (<i>aktive Anpassung</i>) und wächst einfach heraus (<i>einfach entstanden</i>). Vielleicht braucht sie auch diese Höhe (<i>Notwendigkeit; Lebensbedingungen</i>), damit sie wächst (<i>Vorteil</i>) (Absatz 81).</p> <p>In der Höhe ist es sehr kalt, vielleicht hat das Edelweiß die Härchen, damit der nicht so kalt wird (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 85).</p> <p>Die sind durch diese Gräser gewachsen (? ,<i>Ontogenese</i>) (Absatz 89).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
S7	<p>Die Agamen passen sich der Farbe der Umwelt an (<i>aktive Anpassung; Lebensbedingungen</i>), damit sie von Raubtieren nicht so schnell entdeckt werden (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion; Überlebensvorteil</i>) (Absatz 105).</p> <p>Die mussten sich anpassen (<i>Notwendigkeit</i>), damit sie in dem Gebiet Überleben konnten (<i>Vorteil</i>) (Absatz 107).</p> <p>Und vielleicht hat die braune Agame andere Zellen, weil in deren Lebensraum weniger Wasser vorhanden ist (<i>Bezug zu Kaktus</i>) (Absatz 109).</p> <p>Es gibt da bestimmt andere Raubtiere, die Agame musste die Farbe entwickeln (<i>Notwendigkeit, einfach entwickelt</i>), ansonsten sieht man sie schneller. Wenn sie braun ist und an den Boden angepasst, dann sieht man sie nicht so gut und sie ist besser geschützt (<i>Vorteil</i>) (Absatz 111).</p> <p>Das Leben in unterschiedlichen Gebieten führt zur unterschiedlichen Anpassung der Arten, auch wenn sie gemeinsame Vorfahren haben (Absatz 113).</p>	<p>Lebensbedingungen bestimmen die Anpassung und daraus folgt die Angepasstheit.</p> <p>Pflanzen und Tieren weist S7 eine aktive Anpassung aus der Notwendigkeit zu. Tiere "überlegen" und passen sich an, um mit den Umständen zurechtzukommen.</p>
S9	<p>Die grüne Agame lebt im Regenwald, weil die so aussieht wie der Regenwald. Die braune lebt in der Wüste, weil die so aussieht wie die Wüste (<i>Lebensraum, Angepasstheit-Lebensraum</i>) (Absatz 103).</p> <p>Die grüne Agame sieht aus wie ein kleines Krokodil (Absatz 105).</p> <p>Teilweise passt das einfach irgendwie nicht zusammen (<i>Angepasstheit - Zusammenpassend</i>), die haben keinen Lebensraum da, die finden sie nichts womit sie leben können (<i>Nachteil</i>) (Absatz 107).</p> <p>Die sind durch die Farbe (<i>Merkmalsausprägung</i>) angepasst und die Echse kommt besser (<i>Überlebensvorteil</i>) mit der Wüste zurecht, weil sie sich schon früher dran gewöhnt haben (<i>Gewöhnung</i>) (Absatz 109).</p> <p>Die Arten entwickelten sich aus früheren Tieren (Absatz 115). Die haben gemeinsame Vorfahren, die wachsen irgendwie durch Zellen und dann wachsen die und dann entsteht das Tier (<i>Entwicklung auf Zellebene</i>) (Absatz 117). Früher gab es nur graue Agamen, die haben sich einfach so entwickelt (<i>einfach entwickelt-Start</i>). Die sind nicht gleich so, irgendwie schon, aber irgendwie auch nicht (keine Erklärung für den "Beginn"). Es sind irgendwie mehrere Tiere entstanden (<i>Population</i>), sie haben sich verbreitet und an deren Stellen/Lebensweisen gelangt (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) (Absatz 121).</p>	<p>Es gibt teilweise Merkmale, die sich entwickeln und früher anders waren (Größe), aber teilweise Merkmale, die immer so waren/sind (blind sein).</p> <p>Wenn sich etwas entwickelt, dann passiert das einfach so zu einem Zeitpunkt, danach passiert wieder Jahrhunderte nichts. Die Entwicklung findet demnach in großen Schritten und abrupt einfach statt. Auslöser sind die Lebensbedingungen.</p> <p>Ontogenese nutzt er bei seinen Erklärungen von Entwicklung immer wieder.</p> <p>Entwicklung findet einfach statt und wird nicht weiter erklärt.</p> <p>Bei den Agamen geht er auf die Entwicklung durch Zellen ein. Je länger das Interview dauert, desto detaillierter versucht er Entwicklung zu beschreiben.</p> <p>Grundsätzlich kann zusammengefasst werden, dass S9 die Entwicklung von Arten über die Ontogenese erklärt und darauf eingeht, dass sich Merkmale verändern, ausgelöst durch verändernde Lebensbedingungen. Neue Merkmalsausprägungen entwickeln sich einfach und im Laufe des Lebens eines Individuums werden die größer.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
S10	<p>Anpassung ist, wenn man ein Date hat und der beste Freund kennt die Frau und weiß was sie mag, dann kann man beispielsweise die Kleider an die Frau anpassen (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 4) .</p> <p>Für Hochzeiten passt man seine Kleidung ebenfalls an (Absatz 6).</p> <p>Neben den Klamotten kann man auch das Verhalten anpassen und z.B. offener werden, weil deine Freundin dass besser findet (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 12).</p> <p>Es gibt eine Eidechse (Chamäleon), die wird grün, wenn die auf einer grünen Pflanze sitzt (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 16).</p> <p>(Diese Formen der Anpassung sind alle reversibel)</p>	<p>Normalerweise tun die Augen unter Wasser weh, vielleicht haben Fische eine dickere Hornhaut (<i>ausgehend vom Menschen, Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Die haben Flossen, keine Hände (<i>Bezug zu Mensch</i>), damit sie schneller schwimmen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Und Sie haben Kiemen, damit sie atmen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) und Schuppen haben sie auch (Absatz 20-24).</p>	<p>Maulwürfe gehen durch die Erde (<i>Verhalten, Lebensraum</i>) und der hat eine spitze Nase, so ein spitzes Ding, mit dem er sich weiterbohren kann, zum durchkommen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Und er hat auch lange Nägel, damit er graben kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) und man erkennt ihn auch nicht so gut, weil er dunkel ist und die Erde auch dunkel ist (<i>Farb-Vorteil, Tarnung</i>). Die Erde ist kalt (<i>Lebensbedingung</i>) und das Fell ist dick (Absatz 68-70).</p> <p>Tiere haben irgendwas vom Menschen (<i>Bezug zum Menschen</i>) und bei uns wachsen die Nägel und das ist dann vielleicht so wie bei uns: die Nägel sind schon als Kind da (<i>Festgelegte Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 76).</p> <p>Es müssten alle Maulwürfe schon immer Nägel gehabt haben, die müssen ja immer graben (<i>Notwendigkeit-Merkmalsausprägung</i>), Löcher machen und Wege graben. Mit den spitzen Nägeln geht das besser, deshalb haben die die schon ein bisschen länger, aber sie hatten sie nicht von Anfang an (<i>Irgendwann einfach entwickelt - nicht klar ob er das auf Ontogenese bezieht</i>) (Absatz 78).</p> <p>Die spitze Nase ist einfach immer so. Tiere haben auch ihr Eigenschaften, wie die Menschen. Es gibt Tiere, die sind dicker oder einen gekringelten Schwanz, wie das Schwein. Der Maulwurf hat einfach eine spitze Nase (<i>keine Entwicklung</i>) (Absatz 86).</p> <p>Es gibt unterschiedliche Arten von Maulwürfen. Und innerhalb einer Art unterscheiden sich die beispielsweise in der Fellfarbe, ansonsten sind sie gleich, weil sie miteinander verwandt sind. Sie sind deshalb alle ein bisschen gleich (Absatz 94).</p> <p>Der Name gibt an, dass Individuen miteinander verbunden (<i>verwandt</i>) sind: Mensch, Hunde z.B.. Es gibt verschiedene Rassen (Absatz 96). Verwandt = zusammenpassend (Absatz 100).</p>
S11	<p>Passung, vielleicht, dass man sich im Leben irgendwie anpassen muss an manchen Sachen (Absatz 3). Beispielsweise, wenn man in einem anderen Land lebt und dort andere Gesetze sind, dann muss man sich anpassen (<i>aktive Anpassung, Verhalten; Notwendigkeit</i>) (Absatz 5).</p>	<p>Die Fische haben die gleiche Farbe wie der Hintergrund (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 7). Sie leben im Meer (Absatz 9). Der Fisch ist grün, gelb und bunt überall (<i>Merkmalsausprägung</i>). Der andere ist blau und rot und hat Kreise (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 15). Der Fisch schwimmt mit seinen Flossen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 10-21). Keine weiteren Ideen zur Angepasstheit.</p>	<p>Der Maulwurf hat keine Augen, also ist er blind (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 29). Er hat lange Nägel, mit denen er sich immer durchgräbt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 31). Der Maulwurf lebt unter der Erde (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 35). Der Maulwurf riecht den Weg, wenn er sich fortbewegt (<i>Funktion</i>) (Absatz 37).</p> <p>S11 weiß nicht, wie die Grabhände entstanden sein könnten (Absatz 41).</p> <p>Es gab schon immer Maulwürfe (Absatz 45) und der sah schon immer so aus (<i>keine Entwicklung</i>) (Absatz 57).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
S10	<p>Kakteen tun weh, wenn man sie anfasst (<i>Bezug zum Menschen</i>) und Kakteen sind einfach so in der Wüste, an einem verlassenem Ort, wo es trocken ist (<i>Lebensbedingungen</i>). Die brauchen (<i>Notwendigkeit</i>) nicht so viel Wasser und die brauchen mehr Sonne (<i>Notwendigkeit, Lebensbedingungen</i>) (Absatz 28).</p> <p>Der Kaktus hat Spitzen, Nägel, so Piksen (Absatz 36). Und es gibt runde Kakteen und größere (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 38).</p> <p>Die Stacheln könnten dadurch entstanden sein, dass der Kaktus (<i>Individualebene</i>) von einem anderen Bestäubungstyp die Pollen aufgenommen hat und über ein weibliches Ding das umgesetzt hat und das dann rüber gebracht hat (<i>Fortpflanzung führt zu Vererbung von Eigenschaften- Vermehrung Grundlage von Entwicklung</i>) (Absatz 42). Wenn das männliche ins weibliche gekommen ist, dann wird vielleicht ein aus zwei (<i>Vermehrung-Vermischung Eigenschaften, Vererbung</i>) (Absatz 44-46).</p> <p>Die Entwicklung eines Kaktus dauert länger als eine Woche (Absatz 58). Die müssen wachsen, und im Monat wächst der vielleicht vier cm (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 60).</p> <p>Kakteen einer Art unterscheiden sich. Es gibt Größere und Kleinere und vielleicht haben Größere (ältere) was, was die Kleineren (jüngeren) noch nicht haben. Zum Beispiel Pollen (<i>Unterschiede in den Altersstufen</i>) (Absatz 66).</p>	<p>Das Edelweiß ist weiß und hat weiße Blüten und sieht aus wie ein Stern (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 116). Die Blüte hat mehrere runde Teile in der Mitte, weil die Samen speichern (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 118). Die Blätter an der Seite sind länglich und am Ende spitz, ab gewölbt (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 120). Sie hat einen langen Stiel (Absatz 122).</p> <p>Kann erstmal nicht erklären, wie Edelweiß an den Lebensraum angepasst sein könnte (<i>Keine Angepasstheit</i>) (Absatz 124).</p> <p>Der Stängel hat kleine Haare und die Blüte hat Fell, das sieht ein bisschen wie Schnee aus (Absatz 130-138).</p> <p>Je älter die Pflanzen, desto mehr Haare haben die einfach (<i>Ontogenese</i>). An der Blüte nicht, aber am Stiel (Absatz 144-146).</p>
S11	<p>Der Kaktus hat Stacheln und vielleicht verteidigt er sich mit den Stacheln (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 63).</p> <p>Er weiß nicht, wie sich Merkmalsausprägungen entwickelt haben (Absatz 71).</p> <p>Es gab schon immer Kakteen (Absatz 73).</p>	<p>Das Edelweiß hat grüne Blätter und oben weiße Blüten (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Sonst hat die Pflanze nichts Besonderes (Absatz 89-93). Er weiß nicht, wie die Pflanze an die Berge angepasst sein könnte (Absatz 94). Das Edelweiß gab es so schon immer (<i>keine Entwicklung</i>) (Absatz 97).</p> <p>Die Härchen (<i>von Interviewer angesprochen</i>) könnten als Schutz vor Tieren dienen (<i>Funktion</i>) (Absatz 101-103). S11 weiß nicht, wie die sich entwickelt haben könnten (Absatz 105).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
S10	<p>Braune Agamen leben in der Wüste und grüne Agamen im Regenwald, die passen sich dem Lebensraum an (<i>aktive Anpassung</i>), denn das passt einfach besser (<i>Angepasstheit-zusammenpassend</i>) (Absatz 178-180). Die grüne Agame passt nicht in die Wüste, die braune Agame aber etwas in den Regenwald, jedoch nicht so gut wie die grüne (Absatz 183-184). Die grüne Agame braucht (<i>Notwendigkeit</i>) viel mehr Feuchtigkeit und in der Wüste ist es trocken (<i>Lebensbedingungen</i>) (Absatz 188).</p> <p>Die Vorfahren der Agamen waren nicht gleich (<i>Unterschiede zwischen Individuen</i>), sondern verschieden. Die hatten verschiedene Kinder (<i>unterschiedliche Nachkommen</i>). Beispielsweise sah der Vater der grünen Agame ähnlicher und die Mutter der braunen Agame (<i>Bezug zu Menschen</i>). Und dadurch ist das entstanden (<i>Vererbung</i>), dass die Kinder nicht gleich aussahen und sie ihre Eigenschaften hatten (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Das hat sich immer so weiterentwickelt und dann kam irgendwann eine braune und eine grüne Agame raus (<i>über Generationen</i>) (Absatz 192-195).</p> <p>Die Entwicklung der zwei Arten kann nicht so lange gedauert haben, weil wenn die Kinder wieder Kinder kriegen...keine Ahnung wann die Kinder kriegen können (<i>Generationsgedanke - kurzfristig; Individualebene</i>) (Absatz 200-202).</p>	<p>S10 erzählt sowohl von der Individualentwicklung (Ontogenese) und der Entwicklung von Eigenschaften über Generationen.</p> <p>Für S10 spielt Vererbung und Verwandtschaft eine bedeutende Rolle. Verwandtschaft bedeutet gleich/ähnlich sein und Eigenschaften erhält man von deren Eltern.</p> <p>Er erkennt, dass Eigenschaften weitervererbt werden und so neue Eigenschaften, wie der lange Hals, an die Folgegenerationen vererbt werden. Auch bei den pflanzlichen Beispielen, spielt die Vererbung eine wichtige Rolle und ist Grundlage der Entwicklung. Aber er versteht die Vererbung auf Individualebene und lässt deshalb den Mechanismus der Natürliche Selektion bei seinen Erklärungen außer Acht (Entwicklung Agamen).</p> <p>S10 nimmt sehr häufig Bezug zu den Menschen.</p>
S11	<p>Die grüne Agame lebt im Regenwald und die braune in der Wüste, weil die sich der Farbe (<i>Merkmalsausprägung</i>) angepasst haben (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 121), damit die nicht von Feinden entdeckt werden (<i>Funktion</i>) (Absatz 123).</p> <p>Die beiden Agamen haben keinen gemeinsamen Vorfahren (Absatz 129).</p> <p>Die Pflanzen und Tiere auf der Welt sind durch Regen entstanden (Absatz 131).</p>	<p>S11 nennt Merkmalsausprägungen und auch deren Funktionen, kann jedoch bei keinem Beispiel erklären wie sich Merkmale entwickeln. Scheinbar gibt es für ihn keine Entwicklung. Tiere und Pflanzen sind durch Regen entstanden.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
SIn1	<p>Tieranpassung, beispielsweise das Chamäleon passt sich an. Oder das der Mensch sich an das Fach oder wie er sich kleidet anpasst (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 4-6).</p>	<p>Fische sind an Wasser angepasst, sie leben im Wasser und sind da an die Steine angepasst (<i>Angepasstheit an Lebensbedingungen</i>). Wenn ein großer Fisch kommt, dann würde man den Fisch auf dem Bild nicht sehen (<i>Vorteil</i>). Grund dafür ist die Hautfarbe, die Schuppen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Der andere Fisch leuchtet und es ist dunkler im Hintergrund, der leuchtet, damit man ihn mehr sieht (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>)(Absatz 12).</p> <p>Sie sind an das Wasser angepasst, weil sie Atmen können, sie finden dort Essen (<i>Möglichkeit zu überleben-Angepasstheit</i>) und leben dort an den Steinen, weil sie sich dort ihre Unterkunft suchen (<i>vermenschlicht</i>) (Absatz 18).</p> <p>Zum Atmen unter Wasser haben Fische eine Nase (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 20). Es gibt größere und kleinere Fische, die hier sehen größer aus, er hat Schuppen und Flossen, die Schuppen sind auch wichtig. Er hat kleine Augen und von der Farbe sind die alle unterschiedlich (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Es gibt keine Fische, die gleich sind (Absatz 24).</p>	<p>Der Maulwurf gräbt immer Löcher (<i>Verhalten</i>). Er ist schwarz und dunkel und dadurch gut getarnt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 55). Man sieht seine Augen nicht (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 57). Er geht immer mit der Nase nach vorne, er hat schwarzes Fell und seine Pfoten sind auffällig (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Die Pfoten sind hell und der Maulwurf schwimmt fast damit durch die Erde (Absatz 61-65).</p> <p>Der Maulwurf war mal kleiner und die Grabhände sind dann einfach mitgewachsen (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 69). Es gibt kleinere und größere Maulwürfe und die Hände sind immer anders von der Größe (<i>Kein Bezug zur evolutiven Entwicklung</i>) (Absatz 71).</p> <p>Anpassung findet unter der Erde mit der Farbe statt. Die Erde ist schwarz und der Maulwurf ist dunkel und das schützt ihn (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Vorteil</i>). Unter der Erde kann ihn keiner stören. Die Würmer, die er frisst sind da, Wasser ist da und er hat es perfekt (<i>Anpassung=Perfekt passend</i>) (Absatz 73). Die Hubbel zeigen den Menschen, dass der Maulwurf da drunter ist, damit sie nicht drauf treten (<i>Bezug Mensch, Mensch=Zentrum</i>) (Absatz 75).</p>
SIn2	<p>Man passt sich an Dinge an (<i>aktive Anpassung</i>), beispielsweise an das verändernde Umfeld (<i>verändernde Bedingungen</i>). Hat man nicht mehr so viel Geld (<i>verändernde Bedingung</i>), dann muss (<i>Notwendigkeit</i>) man sich einschränken, weil man sich nicht mehr so viel leisten kann (<i>Grund</i>). Man muss sich mit weniger zufrieden geben und sich daran anpassen (Absatz 5).</p>	<p>Fische haben sich an die Menschen angepasst (<i>aktive Anpassung, Bezug zum Menschen</i>), weil die Menschen viel verändert haben (<i>verändernde Lebensbedingungen; Grund</i>). Es gibt Taucher und es wird viel gefischt und daran müssen sich die Fische anpassen (<i>Notwendigkeit; aktive Anpassung</i>) (Absatz 13).</p> <p>Der Fisch lebt im Meer und kann dort überleben, weil da viel Platz ist, weil er dort viele Versteckmöglichkeiten und viel Futter hat (<i>Lebensbedingungen</i>) (Absatz 15- 17).</p> <p>Der Fisch hat Kiemen und eine Schwanzflosse mit der er sich unter Wasser bewegen kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er hat Schuppen und Flossen (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 23).</p>	<p>Der Maulwurf hat baggerförmige Pfoten, damit er sich gut (<i>Bewertung-Vorteil</i>) durch die Erde wühlen kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er kann nicht sehen (<i>Funktion</i>) und er tastet sich mit den Händen und der Schnauze und dem Geruchssinn weiter (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 33).</p> <p>Der Maulwurf kommt mit seinen baggerförmigen Händen viel besser (<i>Vorteil, Verbesserung</i>) unter der Erde vorwärts, als mit normalen Händen (<i>Vergleich Mensch?</i>) (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 45). Der hat sich mit den Händen angepasst (<i>aktive Anpassung</i>), weil er unter der Erde schneller vorwärts kommt (<i>zielgerichtet, Grund</i>), mit den Händen kann er schneller buddeln (<i>Vorteil</i>) (Absatz 47). Das hat sich nach und nach durch die Zeit entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Früher war der Maulwurf vielleicht mal über der Erde (<i>ändernde Lebensbedingungen</i>) und der Mensch hat ihn unter die Erde gedrängt (<i>Bezug zum Mensch; Auslöser</i>) und deshalb hat er sich so entwickelt (Absatz 49).</p> <p>Die Entwicklung fand über zweihundert Jahre statt (Absatz 51).</p> <p>Maulwürfe einer Art unterscheiden sich in äußerlichen Merkmalen wie Größe, Farbe, etc., aber im Grundlegenden sind sie gleich (Absatz 63).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
SIn1	<p>Der Kaktus ist grün und gelblich (<i>Merkmalsausprägung</i>). Auffällig sind die Stacheln, man sollte den nicht anfassen (<i>Bezug zum Menschen</i>). Ich denke die Stacheln sind dafür da, dass der sich wehren kann, wenn andere Tiere ihn essen wollen beispielsweise (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Deshalb will man ihn nicht dauernd berühren (<i>Bezug zu Menschen</i>) und dadurch hat er seinen eigenen Lebensraum, wo ihn keiner stört (<i>Vorteil, Kaktus vermenschlicht</i>) (Absatz 35).</p> <p>Der Kaktus lebt in der Wüste, wo es warm, leer und trocken ist (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 37-39).</p> <p>SIn1 weiß nicht, wie Kakteen an die Trockenheit angepasst sind (Absatz 41).</p> <p>Kakteen haben sich entwickelt, denn die werden nicht so groß geboren (<i>Vermenschlichung</i>). Das ist wie mit einer Pflanze (<i>Sind Kakteen keine Pflanzen?</i>), die ist auch erst klein und wird dann immer größer und dann kommen irgendwann die Blüten (<i>Ontogenese</i>). Also ich glaube, der hat anfangs keine Stacheln (Absatz 43). Und es gibt sie in unterschiedlichen Formen (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 45).</p> <p>Stacheln könnten sich dadurch entwickeln, dass sie raus wachsen, wenn er wächst, wenn er größer und breiter wird (<i>Ontogenese</i>). Vielleicht wenn es regnet oder wegen der Trockenheit (<i>Grund-Auslöser: Lebensbedingungen</i>). Der Baum braucht auch Wasser und Sonne zum Wachsen, vielleicht ist das beim Kaktus dasselbe (<i>Bedingungen für Wachstum; Ontogenese</i>) (Absatz 49).</p>	<p>Das Edelweiß ist angepasst (<i>Angepasstheit</i>), die Farbe der Blüte ist an die Farbe des Fels angepasst (<i>Merkmalsausprägung</i>) (<i>anpassen=angleichen</i>) oder ist das Schnee? Da sind Haare auf der Pflanze (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 95).</p> <p>In den Bergen ist es kühler und vielleicht wärmen die Haar ein bisschen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 101).</p> <p>Vielleicht kann die Pflanze sich dadurch schneller entwickeln (<i>Ontogenese</i>) und ist dadurch geschützt (<i>Vorteil</i>) (Absatz 103).</p> <p>Manchen Pflanzen haben Haare und manche nicht, das liegt daran, dass die an anderen Orten sind. An manchen Orten brauchen sie keine Haare (<i>Notwendigkeit, Lebensbedingungen</i>). Aber das Edelweiß wächst hoch auf dem Berg und da brauchen sie Haare als Schutz und zum Wärmen. Und dadurch kann die nicht so leicht knicken (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 109).</p>
SIn2	<p>Der Kaktus hat Stacheln und die hat er, damit er nicht von Tieren gegessen, bzw. als Nahrung betrachtet wird (<i>Grund für die Angepasstheit</i>). Die Kakteen haben die Stacheln um die Tiere abzuwehren und sich vor Menschen, Tieren und anderen Lebewesen zu schützen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 71).</p> <p>Der Kaktus lebt in der Wüste (<i>Lebensraum</i>) (Absatz 73). Dort gibt es nicht viel Wasser und sehr viel Sonne (<i>Lebensbedingungen</i>). Mit seiner Form und den Stacheln kommt er viel besser in der Wüste klar (<i>Merkmalsausprägung; Vorteil</i>) (Absatz 75). Der Kaktus hat viel Wasser in sich (<i>Funktion</i>), dass er tief aus der Erde mit seinen Wurzeln holt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 81).</p> <p>Früher waren die Kakteen vielleicht ohne Stacheln (<i>Ausgangssituation</i>) und über die Zeit haben sich die Stacheln durch die Fressfeinde entwickelt (<i>Grund und Auslöser - Feinde und Konkurrenten, zielgerichtet</i>). Mit den Stacheln wollen die sich schützen (Absatz 85). Die Stacheln kamen einfach dran, keine Ahnung wie, vielleicht haben die sich einfach über einen Zeitraum entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 87).</p> <p>Es gibt unterschiedliche Kakteenarten und die unterscheiden sich in äußerlich erkennbaren Strukturen wie Farbe, Form, Stacheln oder keine Stacheln, Blume (Absatz 91-93)</p>	<p>In den Bergen ist es ziemlich kalt und das Edelweiß hat etwas auf den Blättern, es gibt Pflanzen, da ist so etwas wie Fell drauf und das hat das Edelweiß auch. Dieses Fell schützt sie vor Kälte oder Wind (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 107-111).</p> <p>Das hat sich über die Zeit entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Es wurde bestimmt kälter (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und dann hat sie sich mit einer Fellschicht oder einem pelzigen Etwas bekleidet (<i>Bezug zu Mensch; aktive Anpassung</i>) keine Ahnung, wie das Fell drauf gekommen ist (Absatz 115).</p> <p>Das Edelweiß war bereits da oben und es wurde kälter (<i>verändernde Bedingungen</i>) und dann hat sie sich das Fell angeeignet, um sich der Kälte anzupassen (<i>aktive Anpassung; zielgerichtet</i>) (Absatz 117).</p> <p>Die Pflanzen da oben sind kleiner. Die sind nicht so groß, wegen der Kälte. Am Boden ist es viel wärmer (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 119).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
SIn1	<p>Die einen sind braun und dunkel und die anderen Agamen sind grün (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Der Regenwald ist grün und die Wüste braun. Deshalb gehört die grüne Agame zum Regenwald, weil sie sich tarnen können (<i>Funktion, Tarnung</i>). Tarnen ist ein Schutz (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Die braune Agame lebt in der Wüste. Die Wüste ist trockener als der Regenwald (<i>Lebensbedingungen</i>), der Regenwald hat Wasserfälle und saftigere Pflanzen, Blüten und von der Farbe her können die sich tarnen (Absatz 133). Tarnung bedeutet, dass beispielsweise ein Tier Essen sucht und durch die Tarnung kann es sich verstecken vor anderen Tieren (<i>Vorteil</i>) (Absatz 135).</p> <p>Vergleich zum Chamäleon, das kann auch die Farbe wechseln, ist auch eine Echse. Es hat Ähnlichkeiten vom Kriechen und die haben einen längeren Schwanz, laufen am Boden (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Die grüne Agame hat so eine Art Stacheln oben drauf und kriecht am Boden und auf den Bäumen (<i>Verhalten, Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 139).</p>	<p>Erläutert die Angepasstheit und Merkmalsausprägungen sehr detailliert. Sie geht auf Vorteile und Funktionen derer ein. Die Angepasstheit ist ihrer Meinung nach wegen der Notwendigkeit vorhanden. Evolutive Entwicklung und Anpassung werden von ihr nicht erklärt. SIn1 beschreibt dafür immer die Ontogenese.</p> <p>Zudem nimmt sie häufiger Bezug zum Menschen und überträgt menschliches Verhalten auf Pflanzen und Tiere.</p> <p>Beschreibt viele äußerlich erkennbare Merkmale sehr ausführlich, scheinbar immer wenn sie nicht auf die Frage antworten kann.</p>
SIn2	<p>Die braune Agame lebt in der Wüste (<i>Lebensraum</i>), weil die Farbe eher braun/ocker ist und dann passt sich die Agame an (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>), damit Feinde sie nicht entdecken (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Vorteil</i>). Im Dschungel ist es bewachsener und grüner (<i>Lebensbedingungen</i>), dort passt sich die Agame mit einem grünen Ton an (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 131).</p> <p>SIn3 weiß nicht, ob die die Farbe wechseln können, aber es gibt Echsen-Arten, Chamäleon, die können die Farbe wechseln. Es kann aber sein, dass es bei den Agamen durch die Zeit gekommen ist (<i>einfach entwickelt</i>). Die grünen wurden grün und die braunen braun, die haben sich angepasst (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) und wurden grün (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 133).</p> <p>Die Farbe kommt eventuell von Dingen, die die aussprühen oder durch die Stimmung (<i>Anpassung</i>)(Absatz 137).</p>	<p>Die Anpassung/Angepasstheit bei Fischen, Maulwürfen und Kakteen sind nach SIn2 vom Menschen bestimmt. Immer wieder nimmt sie Bezug zum Menschen, der die Lebensbedingungen verändert und somit die Anpassung auslöst.</p> <p>Die Anpassung ist eine Entwicklung, die einfach stattfindet, ohne das SIn2 den Prozess erklären kann.</p> <p>Die Anpassung findet bei SIn2 bei allen Beispielen aktiv und zielgerichtet statt. Die Lebensbedingungen bestimmen die Anpassung, die immer über einen Zeitraum stattfindet.</p> <p>Sie verbindet Anpassung mit Entwicklung und Evolution.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
SIn3	Chamäleons wechseln die Farbe der Haut und passen sich an (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 3).	<p>Die Fische können sich bei den Steinen verstecken (<i>Verhalten</i>), sodass man sie nicht sieht (<i>Vorteil</i>), beispielsweise der Steinfisch, den sieht man nicht. Der eine Fisch auf dem Bild ist besser (<i>Bewertung</i>) getarnt, als der Andere, denn der eine ist bunt im Schwarzen und der andere ist so bunt wie die Steine (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 7). Der gelbe Fisch ist besser angepasst an den Lebensraum (<i>Bewertung, Farb-Angepasstheit</i>), weil der bei den Steinen lebt und Steinfarben ist (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 7).</p> <p>Fische leben im Meer und atmen mit Kiemen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Sie haben Flossen. Der Körper ist oval und hat eine Schwanzflosse (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 21).</p>	<p>Der Maulwurf lebt unter der Erde (<i>Lebensraum</i>) und kann nichts sehen (<i>Funktion</i>), er hat große Pfoten, mit denen er sich voran graben und sehr gut (<i>Bewertung</i>) buddeln kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Er riecht sehr gut (<i>Funktion</i>) und ist relativ klein (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 31-35).</p> <p>Die Pfoten sind entstanden, weil er die ganze Zeit unter der Erde lebt (<i>Grund und Auslöser</i>) und schaufelt und mit den Krallen die Würmer aus der Erde frisst und die Steine weg macht (<i>Gebrauch von Organen</i>) (Absatz 37).</p> <p>Maulwürfe hatten nicht schon immer solche Grabhände, heute sind sie ausgeprägter (<i>Gebrauch von Organen führt zur Vergrößerung, Ausgangspunkt</i>).</p> <p>Die Grabhände haben sich über 20 bis 40 Jahre entwickelt.</p> <p>Die Maulwürfe einer Art unterscheiden sich unter anderem in Fellfarbe und Größe (Absatz 43).</p>
SIn4	Es gibt Tiere, die passen sich ihrem Lebensraum an, beispielsweise können sie sich der Kälte anpassen, wenn es kälter wird (<i>aktive Anpassung Lebensbedingungen</i>)	<p>Es gibt Fische, die leben im Dunkeln (<i>Lebensbedingung</i>) und haben Lampen, damit sie was sehen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 9).</p> <p>Fische leben im Wasser (<i>Lebensraum</i>), sie haben Kiemen, mit denen sie unter Wasser atmen können, an Land würden sie nicht überleben. Sie haben Flossen, damit sie schwimmen können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 13).</p>	<p>Maulwürfe sind blind und deshalb können unter der Erde leben (<i>Merkmalsausprägung bestimmt Lebensraum</i>), denn es ist ihnen egal, ob es hell oder dunkel ist (<i>Funktion, zurechtkommen mit Bedingungen</i>). Maulwürfe haben Klauen, also diese Hände, mit denen sie gut (<i>Bewertung</i>) graben können, damit sie unter der Erde vorankommen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Das Fell ist dunkel, damit man sie nicht so gut sieht (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 19).</p> <p>Die Grabhände könnten durch das viele Graben entstanden sein, dadurch wurden sie geformt (<i>Gebrauch von Organen</i>) (Absatz 21).</p> <p>Alle Maulwürfe hatten von Natur aus Grabhände (<i>Merkmale von Natur gegeben, keine Entwicklung</i>), die haben extra so etwas bekommen (<i>von wem?</i>) (Absatz 25).</p> <p>Maulwürfe unterscheiden sich in der Größe, sind aber relativ gleich. Sie sind alle unter der Erde (Absatz 27).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
SIn3	<p>Kakteen leben in trockenen Regionen, wo es warm ist und sie brauchen wenig Wasser (<i>Lebensbedingungen</i>). Sie haben Stacheln, damit sie niemand fressen kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Sie leben nie allein, auf dem Bild sind viele Kakteen drum herum (<i>Verhalten</i>) (Absatz 45).</p> <p>Sie kommen mit der Trockenheit zurecht, weil sie lange Wurzeln haben und damit unten an das Wasser kommen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 49).</p> <p>Der Kaktus hat nicht von Anfang an Stacheln, kleine Pflanzen haben nur Punkte (<i>Ontogenese</i>). Entwickelt haben könnten sich die Stacheln durch Fressfeinde (<i>Grund und Auslöser</i>) (Absatz 51).</p> <p>Die Stacheln könnten sich durch die Trockenheit entwickelt haben, weil die Stacheln nicht so viel Wasser brauchen, wie Blätter, die müssen ernährt werden (<i>Vorteil</i>) (Absatz 55).</p> <p>Die Stacheln haben sich über einen Zeitraum von hundert Jahren entwickelt (Absatz 57).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich in Form und Größe (Absatz 61).</p>	<p>Das Edelweiß hat Blüten, die schwammig aussehen, mit Fell und mehrere dieser Punkte (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 83).</p> <p>Sie hat spitz zulaufende Blätter (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 85).</p> <p>Die Pflanze wächst zwischen Steinritzen und in der Nähe von Steinritzen, dort braucht sie nicht so viel Erde (<i>Lebensbedingungen, Notwendigkeit</i>). Sie kann auch zwischen anderen Sachen wachsen, es regnet wahrscheinlich auch dort und da kommt das Wasser gut hin und die Pflanze braucht einfach keinen Platz (<i>Lebensraum bestimmt Merkmalsausprägung/Funktion, Pflanze kommt mit Lebensbedingungen zurecht</i>) (Absatz 89).</p> <p>Die Haare an der Pflanze schützen diese vor der Kälte, die durch den Wind kommt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>)(Absatz 95). Mehr und mehr Wind (<i>Lebensbedingungen; Auslöser</i>) hat dazu geführt, dass die Pflanze die Haare irgendwann angebaut hat (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 99). Diese Entwicklung dauerte auch so in etwa 20 bis 40 Jahre (Absatz 101).</p>
SIn4	<p>Der Kaktus hat Stacheln, das schützt ihn vor bösen Leuten (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Bezug Mensch</i>). Der Kaktus hat Rillen (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 29).</p> <p>Der Kaktus lebt in der Wüste oder im Topf zuhause (Absatz 31). In der Wüste gibt es nicht viel Wasser (<i>Lebensbedingungen</i>), vielleicht kann er viel Wasser speichern (<i>Funktion</i>), so wie Kamele (<i>Vergleich zu Tieren</i>) (Absatz 33).</p> <p>Die Stacheln haben sich nicht entwickelt (<i>keine Entwicklung</i>) , die waren von Anfang an so (Absatz35).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich in der Größe und in der Art der Stacheln, aber sie haben alle Stacheln (Absatz 37). In der Wüste die Kakteen haben harte Stachel, vielleicht sind die von der Sonne ausgetrocknet (<i>Lebensraum bestimmt Merkmale</i>) und dort gibt es keine gummiartigen Stacheln (Absatz 39). Es gibt von Anfang an verschiedene Arten von Kakteen (Absatz 43).</p>	<p>Das Edelweiß hat eine interessante Form, auf den Blättern sind Punkte drauf, das hat viele weiße Blätter, Blütenblätter, die behaart sind (<i>Merkmalsausprägungen</i>), das sieht aus wie Watte (<i>Vergleich</i>) (Absatz 55-59).</p> <p>Vielleicht war das schon immer so (<i>Keine Entwicklung</i>) (Absatz 61).</p> <p>Die Haare könnten als Schutz dienen oder beim Bestäuben helfen (<i>Funktion</i>) (Absatz 63).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
SIn3	<p>Die grüne Agame lebt im Regenwald und die braune in der Wüste, weil die besser (<i>Bewertung</i>) daran angepasst sind. Die braun-gelbliche sieht man nicht in der Wüste und die grüne nicht im Regenwald (<i>Farb-Angepasstheit</i>) (Absatz 111). Besser angepasst bedeutet, die Haut ist besser auf den Lebensraum abgestimmt (<i>zielgerichtet</i>), die Fressfeinde sehen sie dadurch nicht (<i>Vorteil</i>) (Absatz 113).</p> <p>Die Ernährung hat dazu geführt (<i>Ernährung bestimmt Anpassung</i>), dass die Agamen die Farbe bekommen haben (<i>einfach entwickelt</i>). Vielleicht haben die Blätter gefressen (<i>Anpassung; Farbe aufnehmen durch Nahrung</i>) und sind dann irgendwann grün geworden, so wie die Flamingos (Absatz 115).</p> <p>Diese Entwicklung dauerte fünfzig Jahre (Absatz 119).</p>	<p>SIn3 sieht den Überlebensvorteil, den die Beispielarten durch die verschiedenen Merkmalsausprägungen haben (Stacheln, langer Hals, Farbe, Grabhände). Sie erklärt, wie die Individuen mit den Lebensbedingungen zurechtkommen und deshalb sind sie angepasst.</p> <p>Es handelt sich somit immer um eine Anpassung an den Lebensraum, die zielgerichtet ist und einen Vorteil/Nutzen hat. Die Anpassung ist Notwendig um zu Überleben.</p> <p>Die Angepasstheit entwickelt sich bei der Giraffe und dem Maulwurf durch Nutzen der Organe (strecken Hals, leben im Boden und graben) und bei dem Edelweiß und dem Kaktus durch die Lebensbedingung (Trockenheit, Wind). Jedoch sind beide Anpassungen aktiv und zielgerichtet.</p>
SIn4	<p>Die braune Agame lebt in der Wüste, damit es sich da verstecken kann und das grüne im Wald, damit es sich da verstecken kann (<i>Funktion</i>) (Absatz 71). Es kann sich verstecken, weil die Farbe der Umgebung gleicht (<i>Farb-Angepasstheit</i>), dadurch fällt sie nicht so auf. Wäre das Tier knall rot, würde es mehr auffallen. Die Farbe ist zum Lebensraum angepasst (<i>Angepasstheit-Lebensraum</i>) (Absatz 73).</p> <p>Es gibt Eidechsen, die die Farbe wechseln können. Die passen die Farbe an den Hintergrund an (<i>Vergleich</i>). Vielleicht ist das bei den Agamen auch so und die haben die Farbe gewechselt (<i>aktive Anpassung</i>), danach haben sie Kinder bekommen und die sind dann von Geburt an in der Farbe (<i>Generationsgedanke; Vererbung</i>) (Absatz 77).</p>	<p>Die Aussagen der SIn4 unterscheiden sich zwischen den Beispielen. Bei den Pflanzen (Edelweiß, Kaktus) redet sie von keiner Entwicklung, bzw. dass die Merkmalsausprägungen von Anfang an, von Natur aus so vorhanden sind.</p> <p>Bei den zoologischen Beispielen unterscheiden sich die Antworten. Der Maulwurf formt durch Gebrauch von Organen die Merkmalsausprägungen. Bei der Giraffe gibt es wieder keine Entwicklung und bei den Agamen führt der Input "zwei Arten die einen gemeinsamen Vorfahren haben" dazu, dass sie sich überlegt, dass Merkmale an Kinder vererbt werden. Die Veränderung von Merkmalen findet ihrer Meinung nach aktiv bei den Elterntieren statt.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
SIn5	<p>Das man sich an das Fach, die Welt anpasst (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 5). Beispielsweise, wenn es neue Klamotten gibt, dann passt man sich an die anderen an (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 9).</p>	<p>Der Fisch lebt in dunklen Gebieten im Meer (<i>Lebensbedingungen</i>) und leuchtet (<i>Merkmalsausprägung</i>), deswegen passt er sich den Lebensbedingungen an (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 11). Der passt sich seiner Umgebung an (<i>aktive Anpassung</i>), damit er getarnt ist (<i>zielgerichtet, Funktion</i>) (Absatz 13).</p> <p>Der Fisch lebt im Meer oder See und er ist sehr gut an Wasser angepasst (<i>Bewertung Angepasstheit</i>), weil er über Wasser nicht leben kann, da er dort keine Luft kriegt (<i>Nachteil</i>). Unter Wasser bekommt er Sauerstoff, weil er Kiemen hat (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 19-21).</p>	<p>Maulwürfe können gut (<i>Bewertung</i>) unter der Erde leben und sind fast blind (<i>Funktion</i>), unter der Erde könnten sie eh nichts sehen (<i>Notwendigkeit</i>) und deshalb haben die sich gut (<i>Bewertung</i>) an die Erde angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 53).</p> <p>Der Maulwurf hat Krallen mit denen er gut weiter buddeln kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 55).</p> <p>Die Krallen sind wie Fingernägel beim Menschen (<i>Bezug Mensch</i>), die wachsen immer nach und der Maulwurf hat kleine Hände (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 57). Als kleines Baby hatte der Maulwurf schon Krallen, jedoch nicht so große (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 57). Die Vorfahren haben vielleicht nicht unter der Erde gelebt, aber wenn, dann hatten auch die Krallen (<i>Lebensraum bestimmt Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 61).</p> <p>Der Maulwurf ist blind, weil er unter der Erde lebt und da sieht er fast nichts, vielleicht kommt auch Dreck in die Augen (<i>Lebensbedingungen Auslöser</i>). Als die Kinder bekommen haben, haben die das Blind sein immer weitergegeben (<i>Vererbung von Eigenschaften; Generationsgedanke</i>) (Absatz 65).</p> <p>Maulwürfe sind nicht gleich, da es verschiedene Arten gibt, die in unterschiedlichen Gebieten leben (Absatz 67).</p>
SIn6	<p>Das man sich jemanden gleicht (Absatz 3). Man versucht sich so zu gleichen (<i>Gleichen</i>). Wenn man in der Luft fliegt, damit man dort Nahrung findet braucht man Flügel (<i>Notwendigkeit-Merkmalsausprägung</i>). Man passt sich zum Beispiel der Natur an (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 5). Der Maulwurf ist angepasst und der Kolibri mit seiner Schnabelform, die haben verschiedene Schnabelformen um an den Nektar zu kommen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion; Beispiele</i>) (Absatz 11).</p>	<p>Der Fisch ist leicht bräunlich, so wie die Steine (<i>Merkmalsausprägung, Gleich</i>) (Absatz 17).</p> <p>Der Fisch lebt im Meer und kann wegen den Kiemen dort (<i>Merkmalsausprägung</i>) überleben. Im Wasser ist Sauerstoff, weil sich das die ganze Zeit bewegt (Absatz 25).</p> <p>Mit den Kiemen nimmt der Fisch Sauerstoff auf (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 27).</p> <p>Er ist mit den Flossen an das Wasser angepasst und mit den Augen, damit die nicht verschwommen sehen (<i>Funktion</i>) (Absatz 29-33).</p>	<p>Der Maulwurf ist unter der Erde, deshalb muss er nichts sehen (<i>Funktion</i>). Er hat sehr starke Kiefer, dadurch kann er die Insekten leicht aufbrechen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) und die Hände sind wie Schaufeln geformt, damit er sich in der Erde lang schaufeln kann (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 39).</p> <p>Vielleicht war der Maulwurf mal oben und dann wurde er unterdrückt (<i>vermenschlicht</i>) oder von anderen Tieren und musste (<i>Notwendigkeit</i>) dann unter die Erde ziehen (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und dann hat sich das mit der Erde (<i>Lebensraum</i>) angepasst (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 41).</p> <p>Vielleicht ist sein Lebensraum oben mal überschwemmt worden (<i>Katastrophe - ändernde Lebensbedingungen</i>) und dann mussten (<i>Notwendigkeit</i>) die Maulwürfe unter die Erde (<i>Populationsgedanke</i>), um sich dort lang zu schaufeln brauchten (<i>Notwendigkeit</i>) sie kräftige und große Hände (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Und er hat sich dann mit der Zeit angepasst (<i>Individualebene, aktive Anpassung</i>) (Absatz 43). Er hatte die Hände nicht gleich, sondern nach mehreren Generationen (<i>Generationsgedanke, einfach entwickelt</i>) (Absatz 45).</p> <p>Maulwürfe sind nicht gleich, es ist keiner gleich (Absatz 49), denn jeder hat andere Gefühle, andere Denkweisen (Absatz 51).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
SIn5	<p>Kakteen leben meistens in der Wüste, deshalb brauchen sie nicht so viel Wasser (<i>Lebensbedingung, Notwendigkeit</i>), deshalb sind sie da gut angepasst (<i>Bewertung Angepasstheit</i>). Eigentlich brauchen Pflanzen viel Wasser und Kakteen brauchen wenig Wasser (Absatz 29).</p> <p>Der Kaktus hat Stacheln, mit denen sie sich schützen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 33-35).</p> <p>Zu Beginn hat der Kaktus schon Stacheln, die sind kleiner und weicher (<i>Ontogenese</i>) (Absatz 37). Von ganz früher haben sich die Blätter zu Stacheln entwickelt, indem sie immer kleiner wurden von jedem Kaktus (<i>Population</i>) und dann hatte er irgendwann Stacheln (<i>graduelle Entwicklung</i>). Die Menschen haben sich auch irgendwie anders entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>) vom Affe zum Mensch (Absatz 45).</p> <p>Die Entwicklung der Stacheln hat so lange gedauert, so lange die Kakteen es überlebt haben (<i>doch wieder Ontogenese?</i>) (Absatz 47).</p>	<p>Die Blätter sind ganz weich (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 91), das sieht aus als hätten die Wolle auf den Blättern und ihrem Stiel (Absatz 93). Die Pflanze wächst dort gut, weil sie an die Kälte gewöhnt ist (<i>Gewöhnung</i>) und vielleicht hat sie deswegen Fell und sie kommt gut mit dem Sauerstoff da oben zurecht (<i>Grund für die Angepasstheit</i>) (Absatz 95).</p> <p>Früher waren die Edelweiß mal hier, dann sind sie höher gezogen (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und dann haben sich die Pflanzen verändert, das Fell ist gewachsen (<i>einfach entwickelt</i>) (Absatz 97). Das Fell wächst wie beim Menschen die Haare (<i>Bezug Mensch</i>) (Absatz 99).</p>
SIn6	<p>Der Kaktus ist in der Wüste (<i>Lebensraum</i>) und er speichert das Wasser in sich drinnen (<i>Funktion</i>). Wenn man ihn kaputt macht, etwas abschneidet, dann kommt da viel Wasser raus. Er hat Stacheln, damit keiner daran frisst, keine Vögel den Kaktus fressen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 55).</p> <p>Vielleicht waren die Kakteen früher ganz normal (<i>Ausgangspunkt "Normal"</i>) und dann war da viel Wasser, doch dann ist das ausgetrocknet (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>) und sie haben sich an den Lebensraum mit dem Wasser angepasst (<i>aktive Anpassung</i>), indem sie das Wasser die ganze Zeit speichern können (<i>Funktion</i>). Es regnet zwei bis dreimal im Jahr richtig und dann blüht das alles und dann speichert der Kaktus das Wasser und die Stacheln hat der gekriegt, damit ihn keiner frisst (<i>Vorteil</i>) (Absatz 59).</p> <p>Das hat sich über fünfzig bis siebzig Jahre entwickelt (Absatz 61).</p> <p>Die Kakteen sind unterschiedlich, weil die auch unterschiedlich wachsen (Absatz 71).</p>	<p>Die Pflanze ist so Fellähnlich, sie hat Fell und das ist überall verteilt am Stängel (<i>Stängel</i>) und an den Blättern (<i>Merkmalsausprägung</i>). Und die Blüten sehen nicht so richtig Blüten ähnlich aus und es gibt nur wenig Stämme (<i>Merkmalsausprägung</i>), sie wachsen nicht auf einer richtigen Blumenwiese, die wachsen eher vereinzelt (Absatz 89).</p> <p>Die Härchen könnten entstanden sein, nachdem es ganz schön kalt wurde (<i>verändernde Lebensbedingungen</i>). Es gab eine Zeit, da wurde es ganz schön kalt und da hat sich das Fell entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>), damit den Blumen wärmer ist (<i>zielgerichtet; Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 91).</p> <p>Anfangs waren nur ganz wenig Haare da, dann wurden es immer mehr (<i>graduelle Entwicklung</i>). Die wenigen Haare sind durch die Kälte entstanden (<i>Umwelteinfluss führt zu Merkmalsausprägung</i>). Vielleicht finden die Tiere es ekelig, wenn da Haare drauf sind und dann fressen sie die Pflanze nicht (Absatz 95-99).</p> <p>Die Edelweißpflanzen sind nicht gleich, die unterscheiden sich ja schon in den Blüten (Absatz 101).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
SIn5	<p>Die braune Agame lebt in der Wüste und die grüne im Regenwald, weil die sich von der Farbe her angepasst (<i>aktive Anpassung; Farb-Angepasstheit</i>) haben, weil die da gut getarnt sind (Absatz 121). Sie haben die gleiche Farbe wie das Umfeld und dann können ihre Feinde sie nicht so gut sehen (<i>Grund für die Angepasstheit</i>) (Absatz 123).</p> <p>Der eine Vorfahre ist in den Regenwald und der andere Vorfahre in die Wüste gezogen (<i>verändernde Lebensbedingungen, Lebensraumwechsel</i>) und dort haben die sich einfach weiterentwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Sie haben dort gelebt und sich ihrem Umfeld angepasst (<i>aktive Anpassung, zielgerichtet</i>) (Absatz 127). Sie haben ihre Farbe gewechselt (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 129). Anfangs hatten sie eine andere Farbe, vielleicht braun, keine Ahnung (<i>kann Farbwechsel nicht erläutern</i>) (Absatz 130-137).</p>	<p>SIn5 analysiert das Zusammenpassen der Arten mit dem Lebensraum und bewertet anhand der Merkmalsausprägungen die Angepasstheit an den Lebensraum. Gut angepasst bedeutet für SIn5, dass die Tiere und Pflanzen gut in dem Lebensraum leben können und damit zurechtkommen.</p> <p>Durch die Lebensbedingungen passen sich bei allen Beispielen die Arten an das Umfeld an. Diese Anpassung ist aktiv. Der Prozess der Anpassung kann nicht wissenschaftlich korrekt von ihr erklärt werden. Bei den Giraffen versucht sie den länger werden Hals durch Strecken zu erklären. Beim Maulwurf und beim Kaktus nimmt sie auch Bezug zur Ontogenese. Nur beim Maulwurf nimmt sie Bezug zur Vererbung von Eigenschaften.</p>
SIn6	<p>Die grüne Agame lebt im grünen und die braune in der Wüste, weil sie so braunfarben, sandfarben ist, wie die Wüste (<i>Farb-Angepasstheit</i>)(Absatz 119).</p> <p>Es gibt mehrere von den Agamen und mehrere (<i>Populationsgedanke</i>) sind in die Wüste gewandert und mehrere in den Regenwald (Besiedlung von Lebensräumen; <i>verändernde Lebensbedingungen</i>), da passen (<i>aktive Anpassung</i>) die sich der Lebensform an (<i>zielgerichtet</i>). Das ist beim Menschen genauso, in wärmeren Regionen sind sie etwas dunkler und in kälteren Regionen weiß (Absatz 121).</p> <p>Sie passen sich an, damit sie nicht so leicht entdeckt werden (<i>zielgerichtet</i>) und sich nicht so leicht verletzt werden können (<i>Grund; Vorteil</i>). Beispielsweise könnten sie die ganze Zeit Sonnenbrand haben. Und bei den Agamen ist es genauso. Wenn die hell sind und es die ganze Zeit regnet und kalt ist (<i>Lebensbedingungen</i>), dann können die ja auch sterben, und in der Wüste könnten die grünen leicht entdeckt werden und dann von Tieren aufgefressen werden (<i>Überlebensvorteil</i>)(Absatz 123).</p> <p>Die Farbe hat sich entwickelt, weil die Tiere da hingekommen sind (<i>verändernde Lebensbedingung</i>) und da alles braun ist und richtig warm und wenn die eine andere Farbe hätten, dann würden sie leicht bemerkt werden und das wäre nicht so gut (<i>Nachteil</i>) (Absatz 127).</p>	<p>SIn6 erkennt, dass die Veränderung von Merkmalsausprägungen (Maulwurfhände) über Generationen stattfindet, kann die Entwicklung aber nicht erklären. Sie nimmt nicht nur Bezug zu Individuen, sondern überträgt bei den Agamen und bei den Giraffen die Anpassung auf die Population. Bei den botanischen Beispielen bleibt sie auf Individualebene.</p> <p>SIn6 weiß sehr viel über Merkmalsausprägungen und die Funktionen, sie erkennt viele dieser. Jedoch erklärt sie nicht wirklich die Entwicklung. Sie geht davon aus, dass Strukturen durch äußerliche Umwelteinflüsse entstehen und dann mehr/größer werden (pflanzliche und tierische Beispiele).</p> <p>Sie stellt jedoch fest, dass bestimmte Merkmale einen Nachteil oder Vorteil mit sich bringen.</p>

Proband/ Thema	Begriff Anpassung	Fische	Maulwurf
SIn7	Tiere, die sich an die Landschaft anpassen (Absatz 3). So wie die Tiere, die sich dann mit der Farbe anpassen (Absatz 7).	Der Fisch ist mit dem Hintergrund angepasst (Absatz 15). Sie leben im Wasser und sie haben eine grün, blaue Farbe normalerweise (Absatz 19). Die Fische brauchen das Wasser zum Leben (Absatz 23). Menschen können nicht unter Wasser leben, weil sie dort nicht atmen können (Absatz 25), der Fisch kann unter Wasser atmen (Absatz 25), weil er Kiemen hat (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 27).	<p>Maulwürfe sehen nichts (<i>Funktion</i>) und deswegen leben sie unter der Erde, da können sie sowieso nichts sehen (<i>Funktion bestimmt durch Lebensraum</i>). Sie riechen mit der Nase (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) oder fühlen, die passen sich dadurch an (<i>aktive Anpassung</i>), dass sie unter der Erde leben (<i>Lebensraum</i>), wo sie nichts sehen können (Absatz 61). Der Maulwurf riecht den Weg (<i>Funktion</i>). Er hat so Hände (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 63), so ungefähr wie wir (<i>Vergleich Mensch</i>), damit er buddeln kann (<i>Funktion</i>) (Absatz 67).</p> <p>Sie können nicht gut sehen (<i>Ausgangssituation/Grund; zielgerichtet</i>), dadurch hat sich der gute Geruchsinn entwickelt. Früher konnten sie sich nicht so gut fortbewegen und wussten nicht wo es lang geht und dann haben sie irgendwann gerochen (<i>einfach entwickelt; automatisch</i>) (Absatz 71). Die Entwicklung fand über 50 Jahr statt (Absatz 73) und ein Maulwurf wird etwa 30Jahre alt (<i>Generationsgedanke</i>) (Absatz 75).</p> <p>Alle Maulwürfe sind gleich (Absatz 79)</p>
SIn8	Affen, die sich früher an ihr Leben angepasst haben (Absatz 4). Die Menschen mussten sich gewissen Dingen anpassen (<i>Notwendigkeit, aktive Anpassung</i>). Sie passten sich mit den Händen an und haben noch nicht gestanden und konnten noch nichts mit den Händen machen.	<p>Es gibt Fische, wie den Pinguin, der soll von oben aussehen wie Sand und von unten wie der Himmel, sodass die Fische nicht zugreifen (<i>Vorteil</i>). Die Fische haben manchmal die Farbe der Steine, sodass sie sich verstecken können (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) und der leuchtet im Dunkeln, dadurch wird er gesehen und vielleicht damit er selber Licht hat, wenn er ganz unten schwimmt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 10).</p> <p>Der Fisch lebt im Wasser (<i>Lebensraum</i>) und ist daran angepasst (Angepasstheit), er hat Kiemen und Flossen und Schuppen (<i>Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 14). Der hat kein Arme, sondern Flossen (Absatz 16).</p>	<p>Oben am Tageslicht sieht der Maulwurf nichts (<i>Funktion</i>), unter der Erde auch nicht wirklich viel, der riecht und dann baut er sich seine Wege. Und er hört Echos, und sieht so wo was ist (<i>Funktion</i>). Maulwürfe bauen immer Erdhügel und zeigt sich kaum am Tageslicht (<i>Lebensraum</i>), wenn dann verschwindet er schnell. Er ist schwarz wie die Erde, damit er nicht gleich gesehen wird (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion, Tarnung-Vorteil</i>). Er hat einen guten Geruchsinn und er hat Arme und Beine, die er zum buddeln nimmt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 20).</p> <p>Unter der Erde sieht man nichts, weil es dunkel ist, weil nur der Körper da ist und dann braucht man nicht zu sehen (<i>Notwendigkeit</i>). Vor ihm ist nur Erde und das verschmutzt die Augen, aber riechen kann man überall (<i>Lebensbedingungen bestimmen Funktionen</i>) und er kann sich gut (<i>Bewertung</i>) tarnen und gut buddeln, sodass er weiter vorankommt zur Beute und gut (<i>Bewertung</i>) angreifen kann (<i>Tarnung-Vorteil</i>) (Absatz 24).</p> <p>Die Maulwürfe haben Haar, damit wissen sie wie breit sie sind, denn die sind genauso breit wie der Körper des Maulwurfs, bei Katzen ist das so, der Maulwurf kann damit unter der Erde tasten (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 26).</p> <p>Die Hände der Maulwürfe sehen aus wie Krallen und die Krallen sind sehr dünn und schmal, klein und vorne spitz, vielleicht kann er damit besser graben (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 30) und da ist kein Fell drauf (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 32).</p> <p>Vielleicht hatten die Maulwürfe früher stumpfe Hände (<i>Ausgangssituation</i>) und kamen kaum voran (<i>Nachteil</i>) und dann haben sich die Maulwürfe vermehrt (<i>Populations- und Generationsgedanke; Vererbung</i>) und die Hände haben sich im Laufe der Jahrtausende ein bisschen besser verändert (<i>einfach entwickelt</i>), vielleicht verändern die sich ja immer noch zum Besseren (<i>Ziel Perfektion</i>).</p> <p>Maulwürfe einer Art sind nicht gleich, jede Tier hat seine Besonderheiten, also vom Aussehen her, das ist beim Menschen auch so (Absatz 40).</p>

Proband/ Thema	Kaktus	Edelweiß
SIn7	<p>Kakteen leben in trockenen Landschaften und brauchen nicht viel Wasser (Absatz 33). Der Kaktus ist grün, hat so eine Art Fächer und Stacheln (Merkmalsausprägung) (Absatz 37). Die Stacheln hat er zur Verteidigung (<i>Funktion</i>) (Absatz 39), vor Tieren, die ihn fressen würden (<i>Vorteil</i>) (Absatz 41).</p> <p>Sie weiß nicht, wie sich die Stacheln entwickelt haben könnten (Absatz 43). Kakteen hatten nicht schon immer Stacheln (<i>Ausgangssituation</i>). Vielleicht hat sich das mit der Zeit entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>). Früher hatten sie vielleicht noch Feinde und die Stacheln haben sich irgendwann entwickelt (<i>einfach entwickelt; zielgerichtet</i>), damit sie keine Gefahr mehr haben (<i>Grund; Ziel</i>) (Absatz 45). Die Stacheln haben sich in hundert Jahren entwickelt (Absatz 51). Ein Kaktus wird ca. 40 Jahre (<i>Generationsgedanke</i>) (Absatz 55).</p> <p>Es gibt unterschiedliche Arten von Kakteen, die unterscheiden sich in der Form. Die Kakteen einer Art sind auch nicht alle gleich (Absatz 57-59).</p>	<p>Das Edelweiß ist weiß und auf dem Bild sieht sie pelzig aus und hat ein paar Härchen auf dem Strunk, dem Stiel und das Weiß hat ein paar Knollen oben drauf (<i>Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 99). Sie lebt sehr hoch, da wo vielleicht Schnee liegt (Absatz 103), weil sie auch weiß ist, wie der Schnee (Absatz 105). Vielleicht hat sie die Haare um sich zu wärmen (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 107).</p> <p>Die Pflanze ist relativ klein, damit sie sich vor Tieren, die sie fressen würde versteckt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion; Vorteil</i>) (Absatz 115).</p> <p>Liegt viel Schnee (<i>Lebensbedingungen</i>) und die Pflanzen waren früher ohne Härchen, dann war es sehr kalt und sie konnten dadurch nicht wachsen und sind abgestorben (<i>Nachteil</i>). Und dann haben sich irgendwann diese Härchen gebildet (<i>einfach entwickelt</i>), damit sie leben können (<i>Überlebensvorteil</i>) (Absatz 117). Keine Ahnung wie die Härchen sich gebildet haben.</p>
SIn8	<p>Der Kaktus hat Stacheln, damit man nicht gleich daran greifen kann und ihn kaputt hauen kann. Die Stacheln sind zur Abwehr (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Oben sind die Blüten, die gehen noch auf. Die Kakteen haben drin alle weißes Blut (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 44).</p> <p>Kakteen sind alle rund und oben gelblich, grün. Sie wachsen in der Wüste, vielleicht zur Anpassung (<i>Lebensraum aufsuchen</i>). Die Blüten sind weiß, gelblich (<i>Merkmalsausprägung</i>) (Absatz 46). Der ist an die Wüste angepasst, weil er nur alle 14Tage Wasser braucht (<i>Bezug zu eigenen Kakteen</i>) (Absatz 50). Und der braucht viel Sonne, damit er wachsen kann (<i>Lebensbedingungen; Notwendigkeit</i>). Wenn er zu viel Sonne bekommt, verbrennt er. Manchmal halten die sogar einen Monat ohne Wasser aus, dann hört man das saugen, wenn man die gießt (Absatz 54).</p> <p>Die kommen mit wenig Wasser aus, weil die das speichern. Die sind sehr breit und dadurch können die Wasser speichern (<i>Funktion</i>) (Absatz 58).</p> <p>Die Kakteen haben sich der Wüste angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) und dann hat sich das über Jahrtausende entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>), dass die Wasser speichern können (<i>Funktion</i>). Vielleicht waren sie früher klein und jetzt sind sie groß und rund, damit sie mehr in dem Geweben speichern können (<i>zielgerichtet</i>), sodass sie länger überleben können (<i>Überlebensvorteil</i>) und die Stachen können auch größer geworden sein (<i>Entwicklung von klein zu groß, Anstreben Perfektion</i>) (Absatz 64).</p> <p>Manche sind giftig. In der Wüste sind Sandstürme, die Rillen könnten den Kaktus schützen, damit der Sand nicht daran kleben bleibt, sondern abläuft (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 66).</p> <p>Die Blüten sind zur Bestäubung (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 70).</p> <p>Kakteen unterscheiden sich voneinander, das ist wie bei zwei Löwenzahn, wenn man die nebeneinander hält gibt es Aspekte die gleich sind und welche die sich unterscheiden (Absatz 72).</p>	<p>Das Edelweiß hat Haare (<i>Merkmalsausprägung</i>), es sieht aus als sei dort Schnee drauf (Absatz 86). Oben sind 3-5 Knospen, Blüten (<i>Merkmalsausprägungen</i>). Die Blätter sind dick, das heißt sie speichert Wasser (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Nicht nur wenig, denn hier unten sind Dinger, die auch Wasser speichern. Auf den Blättern und auf dem Stiel sind auch Haare (<i>Merkmalsausprägung</i>). Sie hat ungefähr die gleiche Farbe wie die Steine, dass man nicht drauf tritt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Sie wächst aus den Steinen raus, also hat sie eher nicht so gute Erde (<i>Lebensbedingungen</i>) (Absatz 90).</p> <p>Die Härchen sind wie eine Haut, wie Schutz, wenn die da oben ist, ist es kalt und die Härchen sind entstanden (<i>einfach entwickelt</i>), damit (<i>zielgerichtet</i>) die sich dagegen schützt (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Pflanzen gehen eigentlich bei Kälte ein und also sind die Härchen zum eigenen Schutz entstanden (<i>Grund, zielgerichtet</i>) (Absatz 92).</p> <p>Die Pflanze passt sich an die Berge an (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 94). Durch die Haare können die Pflanzen besser spüren, die Pflanze merkt etwas. Vielleicht kann sie damit Gefahr sehen. Vielleicht sind die Haare raus gekommen (<i>einfach entwickelt; automatisch</i>) zur Sicherheit zum Spüren, damit man besser da oben leben kann als woanders (<i>Ziel Überlebensvorteil</i>) (Absatz 96).</p>

Proband/ Thema	Agamen	Zusammenfassung
SIn7	<p>Die braune Agame lebt in der Wüste und die grüne im Regenwald, Grund sind die Farben. Die können nur so leben, weil die vielleicht Pflanzen braucht (<i>Notwendigkeit</i>) und die andere sich von etwas trockenerem ernährt (<i>Lebensbedingungen bestimmen Merkmalsausprägungen</i>) (Absatz 141). Die Agamen haben sich angepasst (<i>aktive Anpassung</i>) (Absatz 145). Denn im Regenwald wäre eine braune Eidechse ziemlich aufgefallen (<i>Nachteil</i>). Sie haben sich angepasst, damit sie sich besser (Bewertung) tarnen kann (<i>Vorteil</i>) (Absatz 147). Sich vor Feinden verstecken bedeutet tarnen (Absatz 149). Aus dem gemeinsamen Vorfahren haben sich die Agamen-Arten entwickelt (<i>einfach entwickelt</i>), weil der sich vielleicht nie so wirklich tarnen konnte (<i>Nachteil</i>) (Absatz 151).</p>	<p>SIn7 ist der Meinung, die Entwicklung fände immer zielgerichtet statt und hätte somit einen Grund. Wie sich Merkmalsausprägungen entwickeln kann SIn7 bei den botanischen Beispielen nicht erklären und bei den zoologischen nur teilweise und oberflächlich.</p> <p>Das Maulwurf-Beispiel unterscheidet sich in einer Hinsicht von den botanischen Beispielen: Der Maulwurf könne nichts sehen und lebe deshalb unter der Erde. Die fehlende Funktion der Augen führe zur Wahl des Lebensraumes.</p> <p>Bei den Giraffen führe der Gebrauch der Organe über Generationen zu einem langen Hals. Das Strecken des Halses löst ihrer Vorstellung nach die Veränderung aus, doch sie ist nicht überzeugt davon und erklärt, gleichzeitig, dass die Entwicklung graduell stattfindet. Von Generation zu Generation wird der Hals etwas länger.</p> <p>Beim Edelweiß (<i>unbekanntes Beispiel</i>) erkennt SIn7 den Überlebensvorteil, der ausschlaggebend für die Entwicklung sei.</p> <p>Angepasst bedeutet für SIn7 gut getarnt (Agamen) sein und bringt einen Vorteil mit sich. Wenn sich Arten nicht wirklich tarnen können, entwickeln sie sich weiter (<i>einfach entwickelt</i>).</p>
SIn8	<p>Die braune lebt in der Wüste und die grüne Agame im Regenwald (<i>Lebensraum</i>), weil die Wüste hat die Farbe von dem Tier und dadurch ist das Tier besser (<i>Bewertung</i>) angepasst. Im Wald fällt die braune Agame auf (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>). Die grüne Agame hat so Stacheln oder Haare und diese kleinen Tiere laufen durch die Steine und unter Steinen, die grüne ist viel dicker als die braune. Die Verstecken sich auch und die Haut ist unterschiedlich, die braune hat festere Haut wegen den harten Steinen, so wie ein Panzer. Im Wald sind nur Pflanzen von denen mal was runter tropft (<i>Merkmalsausprägung mit Funktion</i>) (Absatz 114).</p> <p>Wahrscheinlich haben sich die Tiere den Ort ausgesucht (<i>zielgerichtet, Willen</i>), weil es ihnen dort am besten gefällt. Vielleicht waren die braunen früher grün und die grünen braun. Weil immer mehr abgeschlachtet wurden von Tieren (<i>Konkurrenz</i>), haben sie ihre Farbe von braun zu dunkelbraun dann zu dunkelgrün und jetzt zu grün verändert (<i>aktive Anpassung; graduelle Entwicklung</i>). Bei den anderen ist vielleicht die Haut fester geworden (<i>Merkmalsausprägung</i>), die haben eine Art Finger, damit die besser an den Steinen greifen können (<i>Vorteil</i>). Die sind ein bisschen dicker gebaut, damit sie Nahrung aufnehmen können (<i>Veränderung mit Vorteil</i>) (Absatz 118).</p> <p>Tiere können denken, sie haben vielleicht gemerkt, dass das nicht so gut ist, dass sie die Farbe haben (<i>zielgerichtet</i>). Klingt so als könne das Tier von heute auf morgen die Farbe wechseln. Es ist schwer zu erklären, auf jede fall haben die sich vermehrt (<i>Vererbung; Generationsgedanke</i>). Vielleicht sind neue Zellen dazu gekommen oder weggegangen, vielleicht Farbzellen. Dann haben sich mehr grüne Zellen angesammelt und die Kinder haben dann mehr grüne Zellen bekommen und von denen die Kinder dann wieder mehr und so wurden sie dann grün (<i>graduelle Entwicklung</i>) (Absatz 124).</p>	<p>Sie kann anfangs die Entwicklung nicht erklären und nennt deshalb viele Merkmalsausprägungen und dessen Funktionen, weshalb die Pflanze Vorteile unter den bestimmten Lebensbedingungen hat. Sie erklärt somit die Anpasstheit sehr genau und unter dem Aspekt des Überlebensvorteiles, jedoch nicht die Anpassung als Prozess.</p> <p>Für die Anpassung gibt es aber immer eine Ausgangssituation, die schlechter war und die sich verbessert durch die Anpassung. Streben nach Perfektion.</p> <p>Erst beim Giraffen Beispiel versucht SIn8 die Veränderung der Halslänge auf zellulärer Ebene mit der DNA zu erklären. Sie erkennt, dass Entwicklung etwas mit Veränderungen im Körper zu tun hat, findet jedoch keine Antwort wodurch diese Veränderung stattfindet.</p> <p>Die Farbe der Agamen ändert sich durch unterschiedliches vorhanden sein von Farbzellen. SIn8 erklärt zwar das Entwicklung über Generationen und Vererbung stattfindet, geht jedoch immer von einer Ausgangssituation aus, die zielgerichtet verändert werden soll, damit es besser wird.</p>

11.5 Kategoriensystem I – Assoziationen zum Begriff „Anpassung“

Tabelle 24: Kategoriensystem zur Analyse der Alltagsvorstellungen zur Anpassung – Assoziationen mit dem Begriff „Anpassung“.

Haupt-kategorie	Kategorie	Definition	Ankeritem	Anzahl der Aussagen zur Kategorie
Subjekt	Mensch	Der Mensch wird als sich anpassendes Subjekt beschrieben.	SIn5: irgendjemand jetzt, also wenn die Klamotten neu rauskommen alle oder so, dann passt man sich das ja auch, also dann passt man sich ja auch irgendwie an den andern an (Absatz 9).	15
	Tier	Ein anderes Tier als der Mensch wird als sich anpassendes Subjekt beschrieben.	Sn1: Tieranpassung oder so wegen wegen der, zum Beispiel das Chamäleon, passt sich ja auch an (Absatz 4).	11
Ziel	Anpassung der Menschen an ihr soziales Umfeld	Die Anpassung findet an das soziale Umfeld statt.	S1: [...] wenn Teenager was Neues von Klamotten haben, dann sehen es die anderen und wollen sich natürlich anpassen und kaufen sich auch sowas. (Absatz 19).	9
	Anpassung an die Lebensbedingung	Die Anpassung der Subjekte findet an die Lebensbedingun- gen statt.	S7: wenn man sich an Kulturen anpassen muss (Absatz 3). S2: Dass sich ein Tier anpasst an die Umgebung, wie so ein Schneehase an, sich anpasst mit dem Schnee (Absatz 3).	16
Gründe und Auslöser	Lebensraumwechsel, verändernde Lebensbedingungen	Anpassung wird begründet und ausgelöst durch den Wechsel des Lebensraumes oder sich verändernde Lebensbedingungen.	S4:[...] man muss sich anpassen, wenn die Firma, in der man arbeitet umzieht nach Hamburg, dass man da mitziehen muss, an muss sich dann anpassen (Absatz 5).	7
	Notwendigkeit	Ein Grund und Auslöser für die Anpassung ist die	S3: Wenn man in ein neues Dorf kommt und die Leute da anders sind, dann muss man	6

		Notwendigkeit dieser.	sich auch erst mal anpassen (Absatz 5).	
	Lebensbedingungen	Die Lebensbedingungen selbst sind Grund für die Anpassung.	SIn7: Tiere, die sich an ihre Lebens, also an die Landschaft und so anpasst. (Absatz 3). S1: zum Beispiel (.) passt sich ´nen Tier an, an den Jahreszeiten. ähm z.B. ´nen Hund, der hat ja immer nach dem Winter hat der ja immer ähm Haarausfall (Absatz 23).	7
	Anerkennung	Die Anerkennung durch andere Menschen ist Grund und Auslöser für die Anpassung.	S10: wenn man, ähm, zum Beispiel jetzt ein Date hat und, äh, man ist jetzt zum Beispiel bester Freund von ´nem Mann und man kennt die Frau und man weiß was die mag, dass man den dann, man dann, also richtig an der Frau die Kleider und so anpasst (Absatz 4).	5

11.6 Kategoriensystem II – Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung

Anhand der Interviews wurden folgende Kategorien zu den fünf gebildeten Hauptkategorien definiert.

Hauptkategorie: Zeitliche Dimension

Tabelle 25: Die Vorstellungen der SchülerInnen zur zeitlichen Dimension werden mit Hilfe von sechs Kategorien definiert.

Kategorie	Definition	Ankeritems
Lebenszyklus	Die Entwicklung von Merkmalsausprägungen findet innerhalb des Lebens eines Individuums statt. Alles unter 10 Jahren wird ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet	S3: [...] fünf bis zehn Jahre (Absatz 53). S3: [...] ich schätze die leben nicht so lange, [...] höchstens zehn, fünfzehn Jahre und dann denk ich vielleicht, dass sich die Hände vom Maulwurf fertig entwickelt haben. Nach sechs, sieben Jahren (Absatz 81).
Mehrere	Die Entwicklung von	SIn6: [...] dass das bestimmt nicht gleich hatten,

Generationen	Merkmalsausprägungen findet über mehrere Generationen statt.	sondern nach mehreren Generationen“ (Absatz 45).
Jahrzehnte	Die Entwicklung findet in Jahrzehnten statt.	S1n7: [...] 50 Jahre würd ich schätzen (Absatz 73).
Jahrhunderte	Die Entwicklung findet in hundert, bzw. mehreren hundert Jahren statt.	S7: [...] ich glaub so schnell entwickelt sich so was auch nicht. Auch son´ bisschen mehr als hundert Jahre, mehr als. Ja, so was (Absatz 95). S1n2: [...] zweihundert Jahre (Absatz 51).
Jahrtausende	Die Entwicklung findet über tausende Jahre statt.	S2: [...]paar tausend Jahre (Absatz 118). S1n8: [...] im Laufe der Jahrtausende (Absatz 34).
Jahrmillionen	Die Entwicklung von Merkmalsausprägungen findet über viele Millionen Jahre statt.	S2 : [...] längeren Zeitraum, so ein paar Millionen Jahre (Absatz 45). S4: [...] Millionen Jahre (Absatz 31).

Hauptkategorie: Entwicklungsebene

Tabelle 26: Die Schülervorstellungen zur Entwicklungsebene lassen sich in zwei Kategorien definieren

Kategorie	Definition	Ankeritems
Populationsebene	Die SchülerInnen beschreiben oder erklären die Entwicklung/ Anpassung ausgehend von einer Population/ mehreren Individuen.	S4: [...] früher Mal eins war, dann also es gab ja viel mehr davon, da sind ein paar in den Regenwald gelaufen, also gekommen irgendwie und ein paar in die Wüste und haben sie sich so entwickelt (Absatz 101).
Individualebene	Die SchülerInnen beschreiben oder erklären die Entwicklung/ Anpassung anhand eines Individuums.	S1: [...]hat der [Maulwurf] sich entwickelt [...] haben sich [...] seine Füße zu Schaufelfüßen gewandelt und weil er unter der Erde keine Augen braucht ist er langsam blind geworden (Absatz 114).

Hauptkategorie: Angepasstheit

Tabelle 27: Die Schülervorstellungen zur Angepasstheit lassen sich mit Hilfe von fünf Kategorien definieren.

Kategorie	Definition	Ankeritem
Merkmalsausprägung	Schüler nennen die Merkmalsausprägungen in Bezug zur Angepasstheit der Organismen. Es kann sich um eine Struktur, eine Farbe oder eine Eigenschaft handeln.	Struktur: S10: die haben Stacheln (Absatz 29). Farbe: S8: hier dieses braun, braun und hier ist ja alles grün und da kommt dann der Grüne hin (Absatz 78). Eigenschaft: S1n5: die sind bestimmt ganz weich (Absatz 91).
Merkmalsausprägung mit Funktion	SchülerInnen benennen die Merkmalsausprägung und dessen Funktion. Die Funktion kann fachlich korrekt oder fachlich nicht korrekt zugeordnet sein. Es kann sich bei der Funktion auch um das nicht vorhanden sein einer Funktion handeln. Wichtig: Es handelt sich nicht um eine direkte Begründung.	S1n6: die Hände sind wie Schaufeln geformt, sodass er sich in der Erde lang schaufeln kann (Absatz 39). S1n6: vielleicht, dass die Tiere das dann eklig finden, wenn da Haare drauf sind (Absatz 97). S11: der hat keine Augen, also ist er blind (Absatz 29).
Funktion	SchülerInnen erkennen nicht die Merkmalsausprägungen. Sie beschreiben nur die Funktion oder vermuten die Funktion, wenn man die SchülerInnen auf die Merkmalsausprägung aufmerksam macht.	S9: der Kaktus zieht das [Wasser] aus der Erde (Absatz 63). S9: der kann ja jetzt nur im Wasser atmen (Absatz 15). S1n7: die sehen ja nichts, oder ja, und deswegen, also die leben ja auch unter der Erde normalerweise (Absatz 61).
Verhalten als Angepasstheit	SchülerInnen beschreiben ein Verhalten der Organismen als Angepasstheit.	S1n1: der gräbt immer Löcher (Absatz 55). S1: die schützen sich selber nochmal, wenn sie [Kakteen] ganz zusammen sind (Absatz 59).
Gründe für die Angepasstheit	Die Schüler nennen Gründe für die Merkmalsausprägung als Angepasstheit.	S4: der ist doch blind, weil er immer un´ unter der Erde ist, im´ immer dunkel is, oder?! (Absatz 25). S6: Also ich glaub, der der ist hell (zeigt auf

		die Bilder) und der also ist meistens im Dunkeln, also ist immer ganz tief unten und deswegen ist er hell. Dann (-), ähm, damit andere Tiere ihn vielleicht sehen und dann ihn nicht angreifen oder so (Absatz 9).
--	--	--

Hauptkategorie: Gründe bzw. Auslöser der Anpassung

Tabelle 28: Die Schülervorstellungen zu den Gründen und Auslösern der Anpassung lassen sich anhand acht verschiedener Kategorien definieren.

Kategorien	Definition	Ankeritems
Lebensbedingung (abiotische Faktoren)	Die Schüler begründen die Anpassung mit den Bedingungen die im Lebensraum herrschen, bzw. mit dem Lebensraum selbst. Temperatur, Nahrungsangebot etc.	<p>S2: das Edelweiß hat sich an die Kälte angepasst (Absatz 118). Die Kälte hat die Pflanze immer zerstört (Absatz 120).</p> <p>S4: [...] durch die Sonne und durch die Trockenheit [...] (Absatz 107).</p> <p>SIn6: [...] er immer ja eigentlich immer unter der Erde [...] (Absatz 39).</p> <p>S5: [...] die leben in Gebieten, wo die Bäume eher groß sind und dass die da nicht drankommen konnten (Absatz 101)</p> <p>S2: [...]der lange Hals, ähm, entwickelt, damit die sich auch, damit die auch oben vom Gipfel, vom Baum alles essen können. Damit sie Nahrung aufnehmen können (Absatz 136).</p>
Feinde und Konkurrenten (biotische Faktoren)	SchülerInnen begründen die Anpassung mit Feinden und Konkurrenten, die die Organismen haben. Feinde und Konkurrenten sind der Gründe bzw. Auslöser für die Anpassung.	<p>S1: [...] weil ein der Maulwurf sehr leicht als Beute gefasst werden kann [...] (Absatz 114).</p> <p>SIn2:[...] damit Feinde sie nicht mehr so entdecken können [...] (Absatz 131).</p> <p>SIn3: Vielleicht durch Fressfeinde [...] (Absatz 51).</p>

<p>Lebensraumwechsel</p>	<p>Die Schüler begründen die Anpassung/Entwicklung mit dem Wechsel der Organismen in einen anderen Lebensraum oder nennen diesen Wechsel als Auslöser für die Anpassung.</p>	<p>SIn2: [...]wenn der Maulwurf früher auf der Erde war und nicht unter der Erde [...] (Absatz 49).</p> <p>SIn5: [...] sind die immer weiter höher gezogen und dann hat sich die Pflanze verändert [...] (Absatz 97).</p> <p>SIn5:[...] der eine Vorfahre ist nach da [Regenwald] gezogen und der eine Vorfahre nach da [Wüste] [...] (Absatz 127).</p>
<p>Verändernde Lebensbedingungen (abiotisch/biotisch)</p>	<p>Die Schüler nennen die Veränderungen von abiotischen und biotischen Faktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Nahrung, Konkurrenz etc. als Grund bzw. Auslöser für die Anpassung/Entwicklung.</p>	<p>S1: es wird immer kälter und kälter und dann merkt die Pflanze, dass es kalt wird und entwickelt sich diese Härchen (Absatz 174).</p> <p>SIn3:[...] durch immer mehr und mehr Wind [...] (Absatz 99).</p> <p>S9: [...] dass das Klima immer wärmer wurde (Absatz 93).</p> <p>SIn6: [...] früher waren vielleicht noch nicht so viele Tiere da und da konnten die von unten die Nahrung erreichen, vielleicht sind da mehr Tiere entstanden, mehr Pflanzenfresser [...] (Absatz 111).</p>
<p>Zellveränderung, Hormone</p>	<p>Die Schüler begründen die Anpassung mit Veränderungen auf zellulärer Ebene. Beispielsweise begründen sie die Anpassung mit den Hormonen, die die Entwicklung auslösen.</p>	<p>SIn8: [...] Die Zellen, oder irgendwas im Körper hat sich verändert, was dann dazu das ausgewirkt hat[...] (Absatz 110)</p> <p>S10: [...], dass das was mit den Hormonen zu tun hat (Absatz 152).</p>
<p>Vorteil/Nachteil</p>	<p>SchülerInnen begründen die Anpassung durch den Vorteil (teilweise Überlebensvorteil), den die Organismen dadurch haben. Der Überlebensvorteil kann auch der Auslöser für die Anpassung sein.</p> <p>Die Angepasstheit/Anpassung ermöglicht die</p>	<p>SIn2: [...]weil unter der Erde kommt er viel schneller vorwärts mit so baggerförmigen Händen [...] (Absatz 47).</p> <p>SIn8: [...], dass man besser da oben leben kann als woanders [...] (Absatz 96).</p> <p>S7: vielleicht hat sich die Agame der Farbe angepasst und die auch, da ist ja eigentlich alles grün und nahrhaft und hier ist alles braun, felsig und Sand und dass sie sich so angepasst haben vor zum Beispiel</p>

	Fortpflanzung, damit begründen die SchülerInnen die Angepasstheit.	<p>Raubtieren oder so, dass die nicht so schnell entdeckt werden (Absatz 105).</p> <p>S2: Ei´ [hessisch] die könn´, glaub ich, ähm, Wasser speichern, viel Wasser speichern, um in der Wüste auch sich fortpflanzen zu können (Absatz 33).</p> <p>S1: Ähm, v´ vielleicht war das eine belieb´, ähm, beliebte Nahrung bei den Tieren (.) und ähm wahrscheinlich wären die fast, äh, ausgestorben weil sie, äh, weil sie gefressen worden sind. Und dann h´ ähm, h´ ähm haben sich die Blätter zu Stacheln entwickelt (Absatz 67-69).</p>
Perfektion	Die Schüler begründen die Anpassung/Entwicklung mit dem Streben nach Perfektion und etwas Besserem.	SIn8: [...] dann kann man immer noch etwas verbessern [...] (Absatz 36).
Notwendigkeit (Intentionalität)	Die Anpassung findet aus der Notwendigkeit heraus statt. Die Anpassung muss stattfinden oder Merkmalsausprägungen brauchten die Arten/Individuen (nicht) mehr.	<p>SIn2: [...] da mussten sich die Tiere ja auch anpassen und die Pflanzen genauso (Absatz 143).</p> <p>SIn6: um sich ja da lang zu schaufeln brauchen sie ja kräftige Hände und so (Absatz 43).</p> <p>SIn2: [...] dazu brauchte die Giraffe einen langen Hals, um an die Bäume dran zu kommen (Absatz 125).</p> <p>S4: [...] vielleicht braucht der nicht so viel Wasser, weil er ist ja meistens in der Wüste oder so. Und deswegen hat er sich angepasst, dass er nicht so viel Wasser braucht (Absatz 43).</p>

Hauptkategorie: Entwicklungsprozess

Tabelle 29: Es lassen sich innerhalb der Schülervorstellungen zwei Handlungsrichtungen (Diathesen) der Anpassung beschreiben.

Kategorien	Definition	Ankeritems
Aktive Anpassung	Der Prozess Anpassung wird als ein aktiver Prozess beschrieben und nicht als	S11: [...] die [Agamen] passen sich hier an die Farbe da an, [...] (Absatz 121).

	passiver.	<p>S2: [...] [das Edelweiß] hat sich halt an die Kälte angepasst (Absatz 118).</p> <p>SIn3: [...] dass die Pflanze das irgendwie irgendwann dran gebaut hat (Absatz 99).</p> <p>S7: [...] ja dass er sich angepasst hat, dass er, ähm, sich zurechtfindet [...] unter der Erde (Absatz 55).</p>
Passive Anpassung	Der Prozess Anpassung wird passiv beschrieben.	<p>SIn8: irgendwas im Körper hat sich verändert, was dazu geführt hat, dass der Hals länger geworden ist (Absatz 110).</p> <p>S10: das hat sich einfach so ergeben, weil man kann [...] ja jetzt nicht von heut auf morgen ´nen langen Hals kriegen [...] (Absatz 152).</p>

Tabelle 30: Die Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess (Anpassung) lassen sich mit Hilfe von acht Kategorien definieren.

Kategorie	Definition	Ankeritems
Weiß nicht	Die SchülerInnen äußern ihre Unwissenheit.	SIn4: Ich weiß es nicht (Absatz 41).
Keine Entwicklung	SchülerInnen gehen davon aus, dass es keine Entwicklung im evolutiven Sinne gibt. Merkmalsausprägungen sind demnach immer so vorhanden.	<p>S7: [...] der war ja blind, bestimmt von Anfang an. (Absatz 51).</p> <p>S11: [die Tiere und Pflanzen auf der Welt sind] durch den Regen [entstanden] (Absatz 130f).</p> <p>SIn4: das war von Anfang an so (Absatz 35).</p>
Ontogenese	SchülerInnen beschrieben Entwicklung nicht im evolutiven Kontext, sondern die Entwicklung eines Organismus im Laufe des Lebens.	<p>S10: Ich glaub, umso älter sie sind, umso mehr Haare ham´ sie einfach (Absatz 144).</p> <p>S6: ich glaub als der Kaktus gewachsen ist, da sind die auch halt mitgewachsen (Absatz 39).</p> <p>SIn1: Also äh der Maulwurf war ja auch mal kleiner, ne? Und ähm, die sind vielleicht einfach mitgewachsen (Absatz 69).</p> <p>S9: Giraffen, ähm, wurden früher nicht so alt und vielleicht liegt´s daran, dass der einfach nicht gewachsen sind (Absatz 97).</p>

<p>Einfach entwickelt</p>	<p>SchülerInnen nutzen synonyme des Begriffs „entwickelt“ oder den Begriff selbst, um ihn zu erklären. Sie beschreiben dadurch oberflächlich die Anpassung.</p>	<p>S1: Und dann ähm, haben sich die Blätter zu Stacheln entwickelt (Absatz 69).</p> <p>S2: Die Hände ham´ sich umgeformt. Jetzt an Füßen sozusagen zu großen Händen (Absatz 57).</p> <p>S4: im Laufe der Jahre ham´ die [Stacheln] sich so entwickelt, zum Schutz (Absatz 47).</p>
<p>Graduelle Entwicklung</p>	<p>Die Entwicklung findet schrittweise in Etappen statt.</p>	<p>SIn5: dass die ähm Blätter immer kleiner wurden von jedem Kaktus und dann hat er irgendwann so Stacheln (Absatz 45).</p> <p>SIn6: dass anfangs nur ganz wenig, also wenige waren, ganz wenig Haare und dann halt immer mehr wurden (Absatz 93).</p> <p>S1: [...] ist er dann langsam blind geworden (Absatz 114).</p> <p>S1: ist halt ihr [der Giraffe] Hals länger geworden, länger geworden (Absatz 182).</p>
<p>Gebrauch von Organen</p>	<p>Der Gebrauch von Organen oder auch der nicht Gebrauch führt zur Ausprägung oder Verschlechterung der Organe und dessen Funktion. (Lamarckistisch)</p>	<p>SIn4: vielleicht vom vielen graben oder so, dass die dann so vielleicht geformt sind (Absatz 21).</p> <p>SIn5: vielleicht ham´ die sich nach dem Baum gestreckt immer und dann sind die irgendwann halt so hoch gewachsen (Absatz 105).</p> <p>S3: weil sie sich immer weiter und weiter getreckt haben wurden sie Häse vielleicht länger (Absatz 137).</p>
<p>Vererbung</p>	<p>SchülerInnen erklären, dass Eigenschaften vererbt werden und somit an die Nachkommen weitergegeben werden.</p>	<p>SIn5: wenn die dann Kinder gekriegt haben, ham´ die das halt so weitergegeben immer (Absatz 65).</p> <p>S3: dass die dann halt auch bei den Nachfahren, also wenn man sich fortgepflanzt hat, dass die dann halt irgendwie, ja nicht größer, aber vielleicht stärker werden (Absatz 77).</p> <p>SIn8: Vielleicht war´s so, dass der früher, ähm, stumpfe Hände hatte und kaum voran kam und dann, ähm, war da, dann ham´ die ja immer mehr, also ham´ sich die Maulwürfe vermehrt. Und irgendwann ham´ sich die Hände dann im Laufe der Jahrtausende ´nen bisschen besser verändert bis jetzt so, [...]</p>

Genetische Veränderung	Genetische Veränderungen bzw. Veränderungen auf genetischer Ebene führen zur Veränderung der Merkmalsausprägung.	<p>S4: Vielleicht hatten sie früher, äh, nicht so gute Grabehände und dann ham´ die sich halt immer verändert wieder. Die, wie heißen sie, Gene zum Beispiel (Absatz 33).</p> <p>SIn8: ich glaub ja die DNA von den Giraffen [...] ist ja in den Zellen, so wie man später aussieht [...] irgendwas im Körper sich verändert [hat], was dann dazu das ausgewirkt hat, dass der Hals größer geworden ist. Und dadurch hat die Giraffe Vorteile (Absatz 110).</p>
Zielgerichtete Anpassung	Die Anpassung findet zielgerichtet statt.	<p>S7: er hat sich den Umständen angepasst wie wie man da halt drunter in der Erde lebt (Absatz59).</p> <p>S4: [...] vielleicht braucht der nicht so viel Wasser, weil er ist ja meistens in der Wüste oder so. Und deswegen hat er sich angepasst, dass er nicht so viel Wasser braucht (Absatz 43).</p> <p>S1: [...] dann merkt die Pflanze, dass ähm es jetzt ein bisschen kalt wird und [...] so entwickelt sich sann ähm diese Härchen (Absatz 174).</p>

Hauptkategorie: Variation

Tabelle 31: Die Schülervorstellungen zur Variation zwischen Individuen einer Art.

Kategorie	Definition	Ankeritems
Typologisches Denken	Die SchülerInnen beschreiben, dass es keine Variation zwischen Individuen einer Art gibt.	<p>S9: Von den gibt´s mehrere, also mit der anderen vergleich ich die jetzt. Ja die sind auch eigentlich gleich (Absatz 67).</p> <p>Interviewer: Sind alle Maulwürfe gleich?</p> <p>SIn7: also ich kenne nur die, also ich glaub schon (Absatz 78f).</p>
Populationsdenken	Die SchülerInnen beschreiben, dass die Individuen einer Art unterschiedlich sind.	<p>SIn1: Und von der Farbe her sind die auch alle unterschiedlich (Absatz 24).</p> <p>S10: Ich glaub nicht, weil es gibt ja auch Größere und Kleinere [...] (Absatz 67).</p> <p>SIn6: [...] jeder hat ja ´nen anderen, andere Gefühle und andere Denkweise (Absatz 49).</p>

11.7 Vergleich der Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess

Tabelle 32: Die Tabelle zeigt die Anzahl der Aussagen der SchülerInnen in den verschiedenen Kategorien zum Entwicklungsprozess. Anhand der verwendeten Konzepte wurden die sieben SchülerInnen für die Einzelfallanalysen ausgewählt. Die sieben SchülerInnen spiegeln die verwendeten Konzepte aller 18 Probanden wider. Die SchülerInnen lassen sich nach der Konsistenz der Aussage, der Differenziertheit der Aussage und nach den Konzepten zusammenfassen. Je nach Schwerpunksetzung lassen sich unterschiedliche SchülerInnen gruppieren. Die SchülerInnen können nicht zu Typen zusammengefasst werden, deshalb ist eine typenbildende Interpretation der Einzelfälle nicht möglich. Es wurden exemplarisch sieben Probanden für die Einzelfallanalysen ausgewählt, da sich alle Konzepte, die Inkonsistenz bzw. Konsistenz und die Differenziertheit der Schüleraussagen anhand dieser Probanden ableiten lassen. Beispielsweise deckt sich S4 einerseits bezüglich der Inkonsistenz der Antworten bei verschiedenen Beispielen mit SIn5 und andererseits bezüglich der Verwendung des Konzeptes zur genetischen Veränderung bei SIn8. SIn5 und SIn8 wurden beispielhaft in den Einzelfallanalysen dargestellt (grau hinterlegt).

Probanden/ Kategorien	aktive Anpassung	passive Anpassung	Anpassung-Weiß nicht	keine Entwicklung	Ontogenese	einfach entwickelt	graduelle Entwicklung	Gebrauch von Organen	Vererbung	genetische Veränderung	Zielgerichtete Anpassung
SIn1	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
S6	2	1	1	0	3	1	0	0	0	0	3
S11	1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	1
S5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
S7	9	0	0	1	0	4	0	0	0	0	9
SIn7	3	2	0	0	0	3	1	1	0	0	3
S1	2	3	2	0	0	4	3	0	0	0	3
SIn6	4	1	0	0	0	5	1	0	0	0	5
SIn2	5	0	0	0	0	4	1	0	0	0	5
S2	3	0	1	0	0	6	1	0	0	0	4
SIn5	4	1	0	0	3	2	1	1	1	0	3
S3	2	2	0	0	3	2	3	2	2	0	4
SIn4	1	0	2	3	1	0	0	1	1	0	0
S9	2	1	0	1	3	2	1	0	0	0	1
S4	5	0	0	0	0	4	0	1	0	1	6
SIn3	1	1	0	0	1	2	0	2	0	0	0
SIn8	4	2	0	0	0	5	1	0	2	1	6
S10	1	2	0	1	2	1	0	0	4	0	0

11.8 Schematische Darstellung der Schülervorstellungen SIn1, S7 und SIn 8 (Mind Map)

Exemplarische Darstellung der Differenziertheit der Antworten der beiden Probanden.

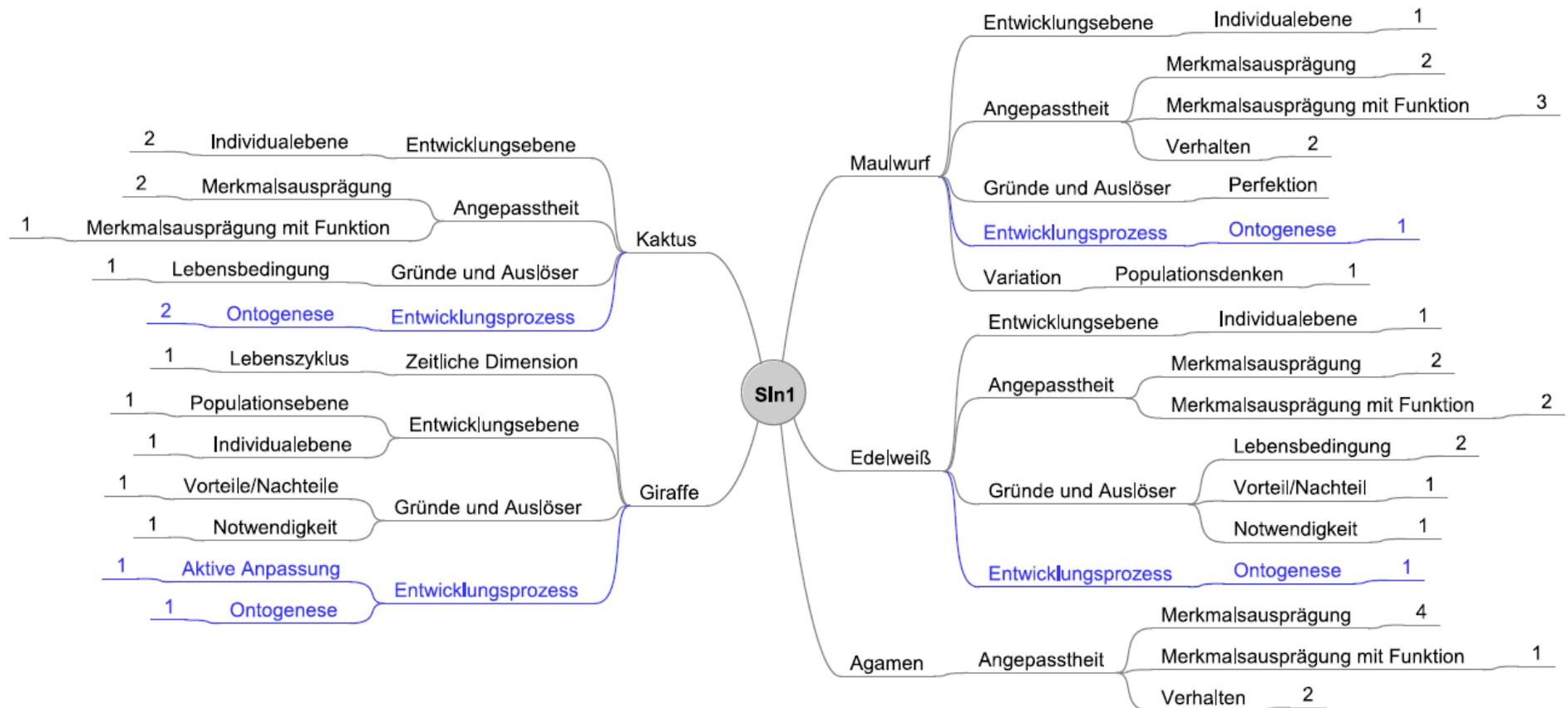


Abbildung 14: Vorstellungen SIn1 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.

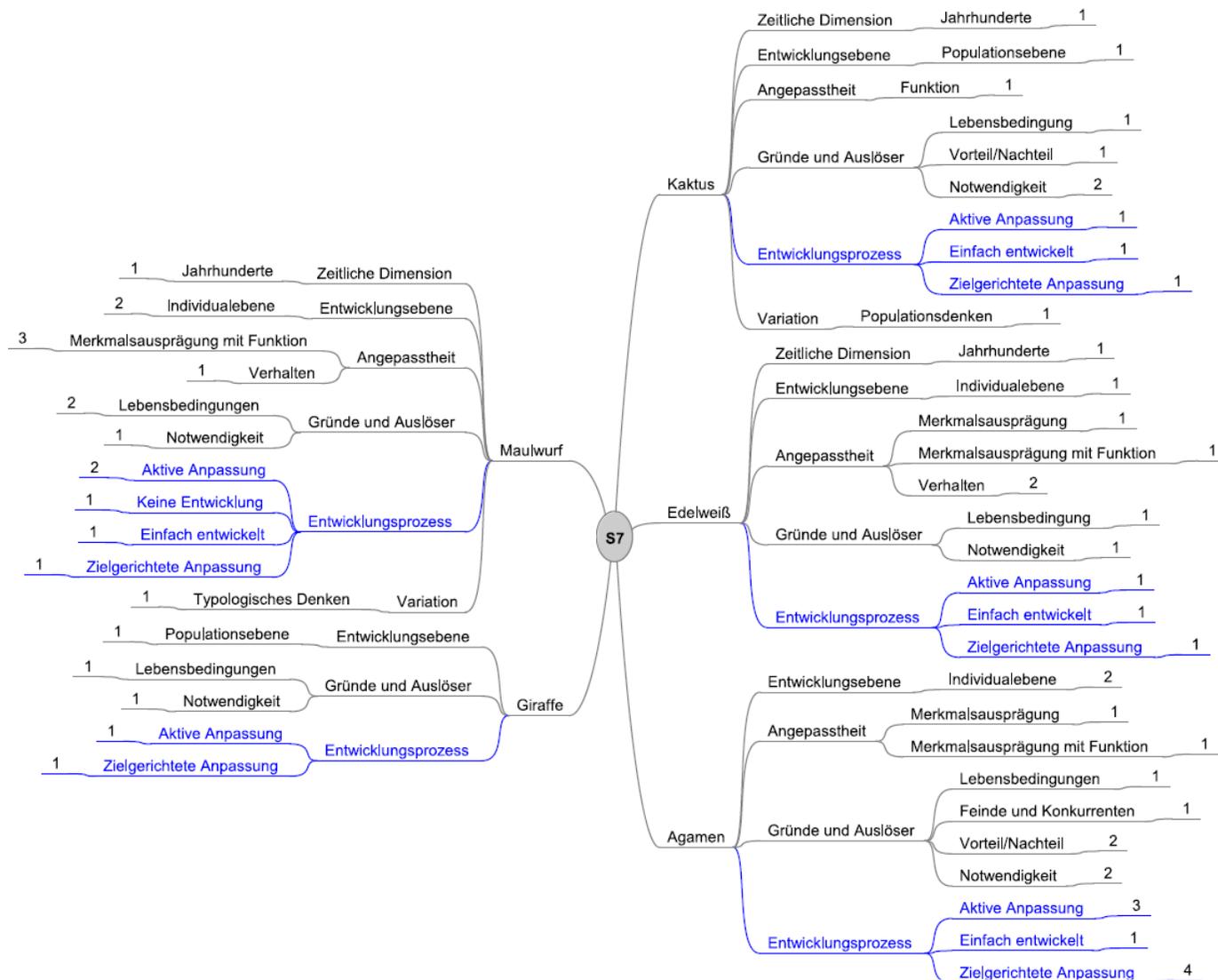


Abbildung 15: Vorstellungen S7 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.

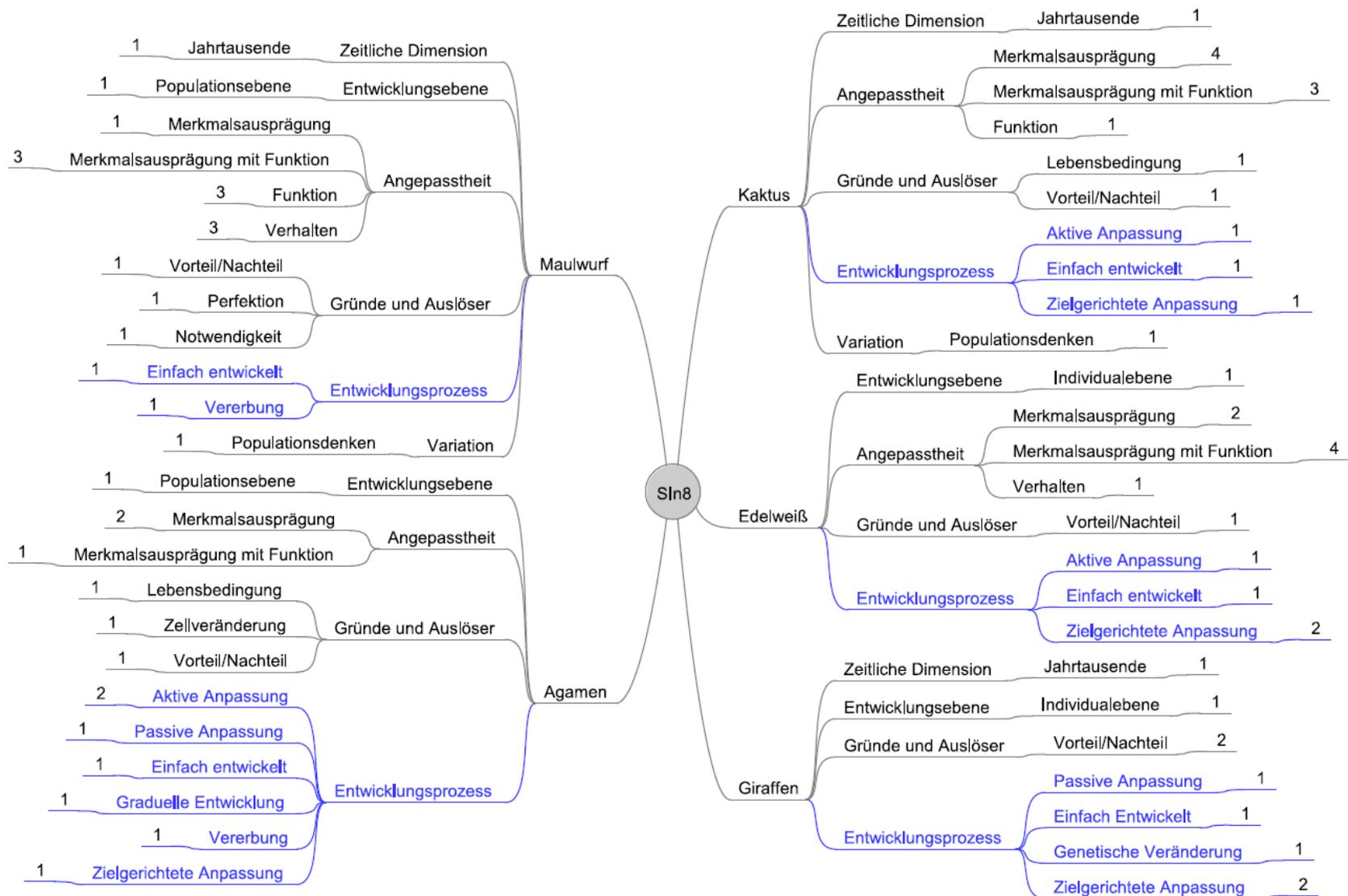


Abbildung 16: Vorstellungen SIn8 in Abhängigkeit vom Beispiel; in blau ist der Entwicklungsprozess dargestellt. Die Zahlen am Ende jedes Zweiges geben die Anzahl der Codings an.

11.9 Lernangebot zur Simulation der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde

Das entwickelte Lernangebot wurde eingebettet in eine Modul zur „Angepasstheit und Anpassung bei Pflanzen“, welches neben dem Lernangebot eine Führung durch den botanischen Garten beinhaltet

11.9.1 Modul zur „Angepasstheit und Anpassung bei Pflanzen“ in dem das Lernangebot eingegliedert ist.

Konzept: Julia Brennecke Dauer: 1,5h Klassenstufe: 7 Teilnehmer: max. 25 SchülerInnen

Methoden: Führung, Demonstrationsversuche, Simulationsspiel, Sozialform: Gruppenarbeit, Plenum, Guide-Lerner-Gespräch

Tabelle 33: Geplanter Verlauf des Moduls „Angepasstheiten und Anpassung bei Pflanzen“

Zeit	Inhalt	Medien/Material	Schüleraktivität	Intension/Ziele
2min	Begrüßung, Thema vorstellen, Regeln festlegen, offene Fragen klären		Die SchülerInnen äußern ihre Assoziationen zum Thema Angepasstheit und Anpassung.	Einstieg ins Thema ausgehend von den eigenen Assoziationen.
3min	Führung durch den botanischen Garten Gießen. Lebensvoraussetzungen für Pflanzen? Welche Lebensräume kennt ihr? Welche Pflanzen leben dort?		Die SchülerInnen stellen Vermutungen auf, welche Lebensbedingungen notwendig für Pflanzen sind und nennen Pflanzen aus unterschiedlichen Lebensräumen, die sie kennen.	Die SchülerInnen können ihre eigenen Erfahrungen mit einbringen und der Führende bekommt einen Überblick über den Wissensstand der SchülerInnen.
2min	Lebensraum Regenwald , welche Bedingungen herrschen dort? (feucht, warm, wenig Licht, dünne nährstoffreiche Schicht)	Abbildung Regenwald, Regenwald-Gewächshaus und Pflanzen	Die SchülerInnen machen sich die Lebensbedingen im Regenwald anhand der eigenen Beobachtungen bewusst und beschreiben diese.	Die SchülerInnen lernen die Lebensbedingungen der Pflanzen im Regenwald kennen.

3min	<p>Evolutionsgewächshaus: Im Regenwald leben Pflanzen, die auf anderen Pflanzen wachsen – Epiphyten. Ein Beispiel ist der Geweihfarn (<i>Platycerium spec</i>), ein weiterer Epiphyt ist <i>Tillandsia usneoides</i>. Die <i>Tillandsia usneoides</i> haben keine Wurzeln, sondern nehmen ihre Nährstoffe über das Regenwasser auf.</p> <p>Demonstration der Farbveränderung durch Wasser - Umklappen der Schuppen mit Abbildung zeigen (Angepasstheit) (aus dem Konzept „Pflanzen an extremen Standorten“ der Grünen Schule Gießen.</p>	Evolutionsgewächshaus, Sprühflasche mit Wasser, <i>Tillandsia usneoides</i> , <i>Platycerium spec</i> .	<p>Die SchülerInnen beobachten die Pflanzen und können Fragen stellen.</p> <p>Die SchülerInnen beobachten den Farbwechsel der <i>Tillandsia usneoides</i>.</p> <p>Die SchülerInnen setzten zu Beginn erarbeiteten Überlebensvoraussetzungen in Bezug zu den Epiphyten.</p>	<p>Die SchülerInnen lernen... ... eine Angepasstheit an Lebensbedingungen im Regenwald kennen – auf anderen Pflanzen wachsen.</p> <p>... eine Merkmalsausprägung kennen anhand eines Epiphyten kennen.</p> <p>Die SchülerInnen erkennen den Vorteil der Merkmalsausprägung „Schuppen“ und auf anderen Pflanzen wachsen.</p>
5min	<p>Lebensraum Wüste, welche Bedingungen herrschen dort? (trocken, heiß und kalt, hohe Sonneneinstrahlung) Welche Angepasstheiten erkennt ihr? Und welchen Vorteil haben die Pflanzen dadurch? Dornen-Schutz vor Fressfeinde, keine Blätter – Verdunstungsschutz, Sukkulenz – Wasserspeicher, Wachsschicht – Verdunstungsschutz. Beispiel <i>Echinocactus grusonii</i></p>	Wüsten-Gewächshaus, <i>Echinocactus grusonii</i>	<p>Die SchülerInnen machen sich die Lebensbedingen in der Wüste anhand der eigenen Beobachtungen bewusst und beschreiben diese.</p> <p>Sie nennen die Angepasstheiten, die sie aus Erfahrungen oder der Beobachtung kennen und beschreiben einige Vorteile der Pflanzen durch diese Angepasstheit.</p>	<p>Die SchülerInnen lernen die Lebensbedingungen der Pflanzen in der Wüste kennen.</p> <p>Die SchülerInnen beobachten Merkmalsausprägungen als Angepasstheiten in der Wüste.</p> <p>Die SchülerInnen erkennen mind. die Vorteile der Angepasstheiten – Dornen und Sukkulenz.</p>

7min	<p>Riesen-Mammutbaum/ Bergmammutbaum <i>(Sequoiadendron giganteum)</i> vorstellen. Wer kennt diese Art? Welche Besonderheiten kennt ihr? Stammdurchmesser bis zu 12m (Abbildung von der Straße durch den Baum), davon bis zu einem Meter Borke, die faserige Borke ist widerstandsfähig (enthält reichlich Tannine), hat keine ätherischen Öle – deshalb schwer entflammbar. Vorkommen in Kalifornien – Waldbrandregionen. Der höchste Baum der je gefunden wurde war ein Küsten-Mammutbaum (<i>Sequoia sempervirens</i>) er war 135m hoch. Der höchste gemessene und heute noch lebende Baum hat eine Höhe von 89 m. Sie können sehr alt werden – Riesenmammutbäume bis 3000Jahre</p> <p>Demonstration Telefonbuch brennt nicht-Vergleich zu Mammutbaumborke herstellen.</p> <p>Nachdem einige Angepasstheiten kennengelernt wurden: Wie kommt es zur evolutiven Entwicklung solcher Merkmalsausprägungen?</p>	<p><i>Sequoiadendron giganteum</i> Telefonbuch, Feuerzeug, Abbildungen,</p>	<p>Die SchülerInnen beobachten den Baum und erkennen die Besonderheiten der Mammutbäume.</p> <p>Die SchülerInnen beobachten den Demonstrationsversuch.</p>	<p>Die SchülerInnen lernen ... Mammutbäume und die Eigenschaft der nicht entflammbaren Borke kennen.</p> <p>... die Breite und Höhe der heute lebenden Mammutbäume kennen.</p> <p>... das mögliche Alter der Mammutbäume kennen.</p> <p>Die SchülerInnen können anhand des Aufbaus der Borke erklären, weshalb sie schlecht entflammbar ist.</p> <p>Die SchülerInnen erkennen den Vorteil der Angepasstheit durch die Borke des Mammutbaums.</p>
8min	<p>Vorstellung der Simulation zur Weiterentwicklung der Mammutbaumborke als Spiel. Fragestellung: Wie kann sich ein Waldbestand mit unterschiedlichen Borken (im Weiteren Rinde) dicken über fünf Generationen entwickeln? Und welche Auswirkung kann ein Selektionsdruck wie Feuer auf die Entwicklung von Merkmalsausprägungen?</p>	<p>Simulations-Spiel</p>	<p>Die SchülerInnen lernen den Simulationsablauf kennen.</p>	

	<p>Simulation exemplarisch aufbauen, erste Runde (Generation) spielen und Aufgaben erklären. Unterschiedliche Spielkarten inkl. Quiz erläutern, auf Spielverlauf verweisen, Funktion der Wendepfättchen erklären.</p> <p>Einteilung der SchülerInnen in Vierer- oder Fünfergruppen</p>			
45 min	<p>Simulations-Spiel in Kleingruppen spielen, Vermutungen zum Verlauf der Simulation aufstellen und Ergebnisse der Simulation mit Hilfe des Arbeitsblattes dokumentieren und auswerten.</p>	<p>Simulations-Spiel und Arbeitsblätter</p>	<p>Die SchülerInnen stellen Vermutungen zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde auf.</p> <p>Die SchülerInnen diskutieren über ihre Vorstellungen der Entwicklung.</p> <p>Die SchülerInnen simulieren die Entwicklung der Population in ihrem Waldstück und hinterfragen ihre Vorstellung zur Entwicklung.</p> <p>Die SchülerInnen dokumentieren die Ergebnisse und werten diese aus.</p>	<p>Die SchülerInnen ...formulieren begründete Vermutungen in Bezug zur Weiterentwicklung eines Merkmals.</p> <p>...diskutieren ihre Vorstellungen.</p> <p>...erkennen die Variation der Nachkommen.</p> <p>...dokumentieren ihre Ergebnisse.</p> <p>... ziehen Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Simulation.</p> <p>...setzen diese in Zusammenhang mit ihren Vorstellungen und beschreiben dies.</p>
15 min	<p>Abschlussrunde in der Hermann-Hoffmann-Akademie:</p> <p>Die Ergebnisse der Simulation werden im Plenum vorgestellt und diskutiert.</p>	<p>Arbeitsblätter und Quiz</p>	<p>Die Gruppen präsentieren ihre Ergebnisse.</p> <p>Die SchülerInnen diskutieren über</p>	<p>Die SchülerInnen diskutieren durch die Quizfragen ihre Vorstellungen zur zeitlichen</p>

	Die Fragen des Quiz werden gemeinsam mit den SchülerInnen diskutiert und beantwortet.		die Quizfragen	Dimension der Entwicklung und der Ursache der Entwicklung.
--	---	--	----------------	--

11.9.2 Arbeitsblatt 1 für die Lernenden, damit sie den Spielaufbau nachvollziehen können.

Aufbau des Spielfeldes

1) Legt die Holzstäbe in einem Quadrat auf den Boden. Sie begrenzen das Spielfeld (Wald).



Abbildung 1: Spielfeld mit der Ausgangspopulation. Sechs Mammutbäume mit unterschiedlich dicker Rinde.

2) Verteilt zwei Bäume von jeder Rindengröße zufällig auf dem Spielfeld und legt die Bäume mit unterschiedlicher Rindengröße neben das Spielfeld.

3) Vermischt die Ereigniskarten und legt sie als Stapel neben das Spielfeld.

4) Vermischt die Nachkommenskarten und legt sie neben die Ereigniskarten. Die Quizkarten legt ihr ebenfalls daneben.

5) Verteilt die folgenden Aufgaben untereinander:

- Drei von Euch erhalten je ein Nachkommenssäckchen und sind somit für die Nachkommen der Bäume mit der jeweiligen Rindengröße verantwortlich („Nachkommensverantwortliche/r“).
- Einer von Euch kümmert sich um die Ereigniskarten und achtet darauf, dass die richtigen Bäume vom Spielfeld genommen werden. Außerdem legt diese Person die gezogenen Nachkommen auf das Spielfeld (siehe Spielablauf) („Feuerverantwortliche/r“)
- Einer übernimmt die Rolle des „Schriftführers“ und füllt mit Hilfe der anderen den Spielbogen aus.



Abbildung 2: Nachkommenssäckchen

6) Der „Schriftführer“ liest den Spielbogen laut vor.

7) Beginnt zu Spielen.

11.9.3 Arbeitsblatt 2 für die Lernenden, damit sie den Spielablauf nachschlagen können.

Spielablauf

Es geht reihum und jeder Spieler der an der Reihe ist, zieht eine Karte. Es werden immer abwechselnd eine Nachkommenskarte und eine Ereigniskarte gezogen. Beginnt mit einer Nachkommenskarte. Auf der dieser steht, wie viele Nachkommen jeder Baum hat.

Wie werden die Nachkommen gezogen?

Es gibt unterschiedliche Nachkommenssäckchen, mit Hilfe derer Ihr die Rindendicke des jeweiligen Nachkommens bestimmt.

1. Nachkommen der Mammutbäume mit dicker Rinde
2. Nachkommen der Mammutbäume mit mittlerer Rinde
3. Nachkommen der Mammutbäume mit dünner Rinde

Jeder Baum auf dem Spielfeld bekommt die Anzahl der Nachkommen, die auf der gezogenen Nachkommenskarte steht. Welchen Rindentyp die Nachkommen der Bäume haben, zieht ihr aus den passenden Nachkommenssäckchen. In den Nachkommenssäckchen sind Chips, auf denen der Rindentyp des Nachkommens dargestellt ist. Der gezogene Chip zeigt Euch welchen Nachkommenstyp der Baum bekommt. Diesen Nachkommenstyp legt der „Feuerbeauftragte“ dann auf das Spielfeld.

Beispiel: Der verantwortliche für die Nachkommen mit dicker Rinde zieht für einen Baum mit dicker Rinde einen Chip aus dem Nachkommenssäckchen für dicke Rinde. Steht auf dem Chip „dick“ legt der „Feuerbeauftragte“ einen Baum mit dicker Rinde auf das Spielfeld.

Nachdem den Nachkommen auf das Spielfeld gelegt habt, legt ihr den Chip zurück in das Nachkommenssäckchen und zieht entweder erneut einen Nachkommenstyp für denselben Baum oder für den nächsten Baum.

Damit ihr wisst, welcher Baum schon Nachkommen bekommen hat, könnt ihr die Orange-Gelben Wendepfättchen auf den Bäumen verteilen und umdrehen, sobald der Baum alle Nachkommen bekommen hat (Seht auch Kurzanweisung).

Hinweis: Die Nachkommen müssen nicht direkt neben dem Elternbaum liegen, aber die Bäume dürfen sich nicht überlappen.

Dokumentation der Populationsgröße (Anzahl der Bäume im Wald)

Nach jeder Nachkommenskarte müssen die Bäume von jeder Rindengröße, die auf dem Spielfeld liegen, gezählt und die Anzahl auf dem Spielbogen in die Tabelle eingetragen werden. Und nach jeder Feuerkarte dürft ihr eine Frage vom Quiz beantworten.

Danach zieht ihr eine Ereigniskarte. Auf dieser wird eure nächste Aufgabe beschrieben. Habt ihr diese Aufgabe erledigt, zieht ihr erneut eine Nachkommenskarte. Insgesamt sollt ihr fünf Mal Nachkommen ziehen (5 Generationen spielen).

11.9.4 Spielbogen für jede Gruppe

Name: _____

Gruppe: _____



Spielbogen: Entwicklung der Rinde von Mammutbäumen

Die Ausgangssituation zeigt, dass es Mammutbäume mit dünner, dicker und mittlerer Rinde gibt. Jetzt kommt es zu regelmäßigen Feuern in dieser Region. Wie wird sich der Wald mit gemischter Rindengröße entwickeln?

1. Diskutiert Eure eigenen Vermutungen mit denen der Anderen: Wie wird der Waldbestand in Bezug zur Rindendicke nach der 5. Generation aussehen? Formuliert gemeinsam eine Vermutung.

2. Begründet Eure Vermutung gemeinsam. Falls ihr euch nicht einigen könnt, schreibt mehrere Vermutungen auf.

3. Spielt das Spiel, um eure Vermutungen zu überprüfen.

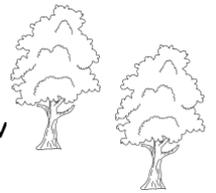
- a) Tragt **nach jeder Nachkommenskarte** (Generation) in die Tabelle ein, wie viele Bäume von jeder Rindengröße auf dem Spielfeld vorhanden sind.
- b) Formuliert nach der 3. Generation eure Beobachtungen und eventuell eine neue Vermutung.
- c) Falls während dem Spiel Fragen aufkommen, notiert sie auf der Rückseite.

	Anzahl der Bäume mit dünner Rinde	Anzahl der Bäume mit mittlerer Rinde	Anzahl der Bäume mit dicker Rinde
Ausgangssituation	2	2	2
1. Generation			
2. Generation			
3. Generation			
Beobachtung nach der 3. Generation:			

Habt ihr eine neue Vermutung? Wenn ja, formuliert diese hier.			

4. Generation			
5. Generation			

4. Beantwortet nun die folgenden Fragen:



a) Ihr habt den Waldbestand nach 5 Generationen simuliert. Welche Rindenv
ist am meisten vorhanden? Welche am wenigsten? Warum? Diskutiert das
Ergebnis.

b) Welche Rindenvarianten konnten die unterschiedlichen Elternbäume (mit dicker,
mittlerer und dünner Rinde) als Nachkommen bekommen? Begründet eure
Aussage.

c) Wie könnte der Waldbestand nach 20 Generationen aussehen? Begründet eure
Antwort.



5. Platz für Fragen und Notizen:



11.9.4.1 Material zur Simulation der Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde

Jede Gruppe erhält in einem Beutel:

- 1 Spielbogen mit Klemmbrett (11.9.4)
- 1 Spielverlaufplan (Abbildung 12)
- 1 Anweisung zum Aufbau des Spielfeldes und 1 ausführliche Beschreibung des Spielverlaufs (11.9.3)
- 5 x 1m Holzstöcke als Spielfeldbegrenzung
- ein Feuer
- einen Würfel
- einen Folienstift
- 6 Nachkommenskarten mit einem Nachkommen und 2 Nachkommenskarten mit zwei Nachkommen (Abbildung 18)
- 6 Ereigniskarten: 2 Feuerkarten bei denen der Wald zur Hälfte erfassen wird, 1 Feuerkarte mit einem riesen Feuer, 1 Feuerkarte mit einem mittleren Feuer, welches nach und nach den Wald erfasst, 1 Feuerkarte mit kleinem, lokalem Feuer und 1 „Krankheitskarte“
- 5 Quiz-Karten
- 3 Nachkommenssäckchen: Nachkommen „dick“ mit 9 Plättchen „dick“, 4 Plättchen „mittel“ und 2 Plättchen „dünn“; Nachkommen „mittel“ mit 9 Plättchen „mittel“, 3 Plättchen „dick“ und 3 Plättchen „dünn“; Nachkommen „dünn“ 9 Plättchen „dünn“, 4 Plättchen „mittel“ und 2 Plättchen „dick“
- 65 Baumquerschnitte: 15 mit dünner Rinde, 25 mit mittlerer Rinde und 25 mit dicker Rinde

SPIELVERLAUF

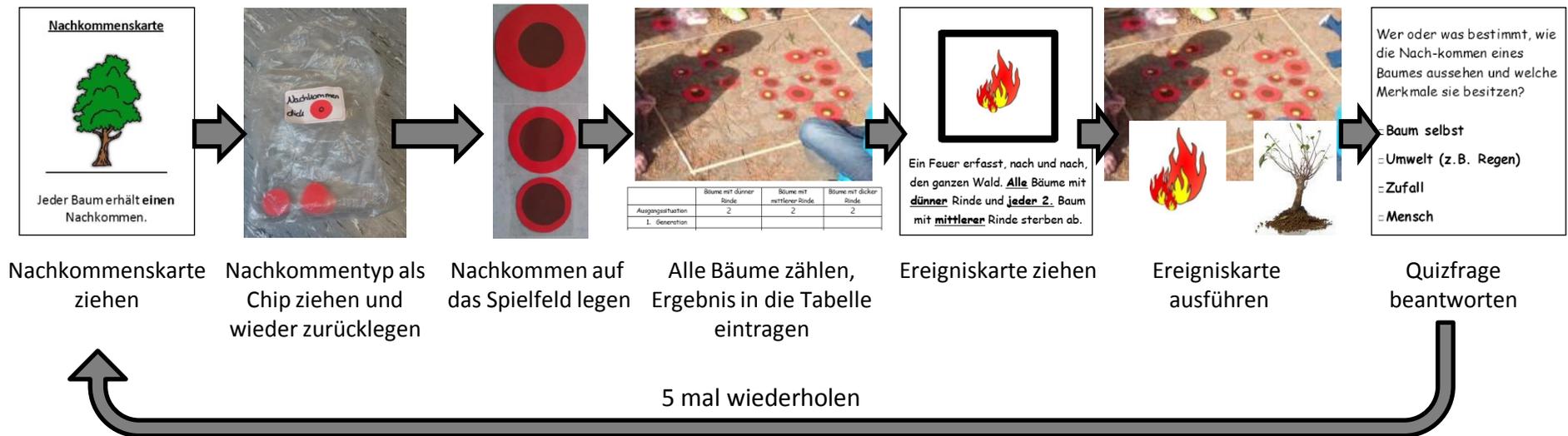


Abbildung 17: Spielverlaufsplan, den die SchülerInnen bekamen um den Ablauf einer Spielrunde besser nachvollziehen zu können.



Abbildung 18: Nachkommenskarten der Simulation zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde.

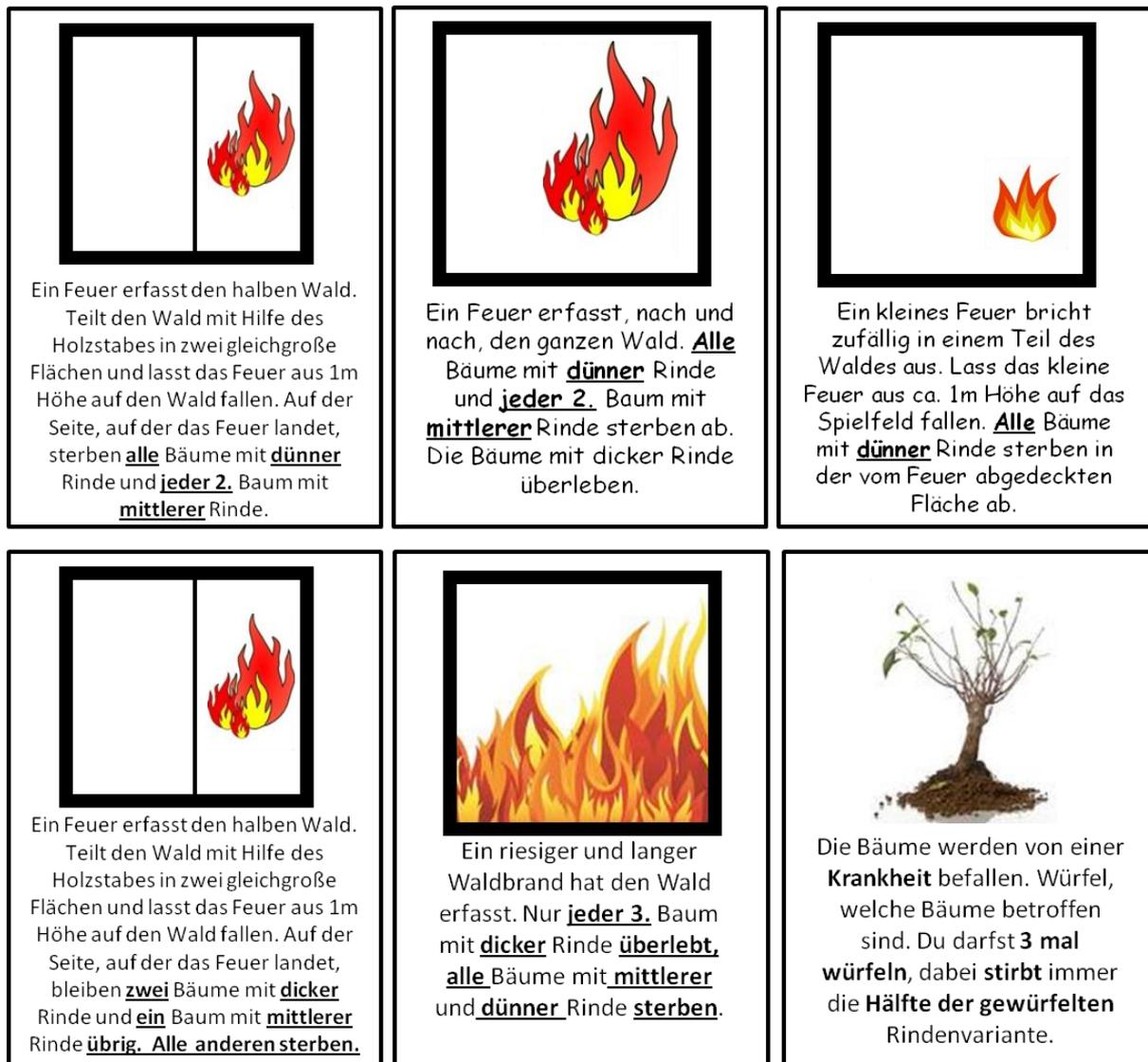


Abbildung 19: Ereigniskarten der Simulation zur Weiterentwicklung der Mammutbaumrinde.

<p>Wie hoch ist der größte lebende Riesenmammutbaum?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 60m <input type="checkbox"/> 74m <input type="checkbox"/> 89m <input type="checkbox"/> 101m 	<p>Wie breit ist der Stamm des größten lebenden Riesenmammutbaums?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 4m <input type="checkbox"/> 7m <input type="checkbox"/> 10m <input type="checkbox"/> 12m 	<p>Wie alt kann ein Riesenmammutbaum werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 400 Jahre <input type="checkbox"/> 900 Jahre <input type="checkbox"/> 1000 Jahre <input type="checkbox"/> 3000 Jahre
<p>Wie lange könnte die Entwicklung dicker Mammutbaumrinde gedauert haben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ein Leben eines Mammutbaums lang <input type="checkbox"/> viele Generationen <input type="checkbox"/> mehrere hundert Jahre <input type="checkbox"/> Tausende Jahre <input type="checkbox"/> Millionen Jahre 	<p>Wer oder was bestimmt, wie die Nachkommen eines Baumes aussehen und welche Merkmale sie besitzen?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Baum selbst <input type="checkbox"/> Umwelt (z.B. Regen) <input type="checkbox"/> Zufall <input type="checkbox"/> Mensch 	

Abbildung 20: Quiz-Karten zur Simulation. Nach jeder Generation soll eine Quizfrage diskutiert und beantwortet werden. Mehrfachantworten sind möglich.

11.9.5 Prä-Post-Test zur Erhebung der Vorstellungen der SchülerInnen vor und nach der Simulation.

Die Ausgangssituation zeigt, dass es Mammutbäume mit dünner, dicker und mittlerer Rinde gibt. Jetzt kommt es zu regelmäßigen Feuern in dieser Region. Wie wird sich der Wald mit gemischter Rindengröße entwickeln?

Wie wird der Waldbestand in Bezug zur Rindendicke nach der 5. Generation aussehen? Formuliere deine eigene Vermutung.

Begründe deine Vermutung.

Bitte benenne die folgenden Teile des Codes:

Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (Julia =J): ___

Dein Geburtsmonat (Januar=1, Februar=2, etc.): ___

Zweiter Buchstabe deines Nachnamens (Brennecke=R): ___

Lieblingstier: _____

Prätest

Posttest

Nun hast du das Spiel zur Entwicklung der Mammutbaumrinde gespielt.

Beschreibe in eigenen Worten, wie sich der Waldbestand in Bezug zur Rindendicke innerhalb der 5 Generationen entwickelt hat.

Erkläre, warum sich der Waldbestand bezüglich der Rindendicke der Mammutbäume verändert hat.

Bitte benenne die folgenden Teile des Codes:

Erster Buchstabe des Vornamens deiner Mutter (Julia =J): ___

Dein Geburtsmonat (Januar=1, Februar=2, etc.): ___

Zweiter Buchstabe deines Nachnamens (Brennecke=R): ___

Lieblingstier: _____

Aufkleber - Gruppennummer

11.9.6 Beobachtungsbogen zur teilnehmenden Beobachtung

Beobachtungsbogen zum Spielbogen: Entwicklung der Rinde von Mammutbäumen

Name des Beobachters: _____

Beobachtete Gruppe: Gruppe __

Phase im Spielverlauf	Bestimmung des Zeitpunktes Uhrzeit? Welche Aufgabe? Welche Generation (G ₁ , G ₂ ,...G ₅)?	Beobachtungen Wer handelt? Was geschieht? Legende: S ₁ ...Schüler 1 B...Betreuer S ₂ ...Schüler 2 L...Lehrkraft S ₃ ...Schüler 3 usw. E...eigene Person	Schüleräußerungen Erkenntnisse bzw. Wortäußerungen der SuS Legende: F...Frage D...Diskussion P...Problem I...Inhalt	Eigene Rolle Beschreibung der eigenen Rolle, Gedanken und Gefühle. Beeinflusst mein Verhalten das Geschehen?	Weitere Anmerkungen (Besonderheiten, Sonstiges)
Vor dem Spiel (Aufgabe 1 und 2)					

Abbildung 21: Erster Teil des Beobachtungsbogens zur teilnehmenden Beobachtung der SchülerInnen während des Simulationsspiels. Die weiteren Beobachtungsbögen unterscheiden sich nur bezüglich der Phase des Spielverlaufs.

11.9.7 Ergebnisse Prä-Post-Test

Tabelle 34: Vorstellungen der SchülerInnen vor und nach der Simulation. Codierung der Schüleraussagen anhand der Kategorien der Interviewstudie. Erweiterung des Kategoriensystems.

SchülerIn	Vermutung + Begründung vor der Simulation	Kategorien vorher	Vermutung + Begründung nach der Simulation	Kategorien nachher
A1	die Bäume werden dünner, weil die Rinde durch das Feuer beschädigt wird.	Populationsebene, Merkmalsausprägung, einfach entwickelt, Ontogenese, passive Anpassung, Lebensbedingung,	dass es viele große (dicke Rinde) Bäume gibt und dass sich durch die Brände und das Wetter etc. strapaziert wurde und sich immer anders und weiter entwickelt hat.	Populationsebene, einfach entwickelt, passive Anpassung, Lebensbedingungen,
A2	Es werden mehr Mammutbäume entstehen, weil die anderen Bäume verbrennen werden, die Rinde der Bäume werden dicker. Die anderen Bäume werden verbrennen und die meisten Mammutbäume überleben und es entwickeln sich mehrere Bäume die rinden werden größer.	Populationsebene, passive Anpassung, Merkmalsausprägung mit Funktion, Vorteil, einfach entwickelt	Von der 1-5 Generation waren die dicken Bäume am meisten vorhanden. Die dünnen sind schneller ausgestoßen, die mittleren ein bisschen und die dicken waren immer da, weil sie eine dicke rinde haben und sich vor allem schützen können.	Populationsebene, Vorteil/Nachteil, passive Anpassung, Merkmalsausprägung mit Funktion
A3	Der Wald wird mehr Bäume haben. Wenn sie sich vermehren bleiben mehr Bäume übrig also es sind ja dann mehr Bäume im Wald als vorher	Populationsebene, Ontogenese,	Es kamen immer mehr dickere Bäume in den Wald. Es waren höchstens vier dünne Bäume vorhanden. Mittel dicke waren nicht viele und nicht wenige da. Es wurden fast nur dicke Bäume gezogen.	Merkmalsausprägung, Populationsebene, Variation der Individuen (Populationsdenken), passive Anpassung, Fortpflanzungserfolg

A4	Ich denke, dass die Rinde dünner wird, denn irgendwann gibt es keinen Platz mehr und die Bäume würden aneinander stoßen. Die Bäume brauchen ja Platz für ihren Stamm und ihre Äste, denn wenn der Stamm dick ist, wachsen die Äste auch weiter also der Baum dehnt sich aus.	Populationsebene, Notwendigkeit, Lebensbedingungen, Ontogenese, Merkmalsausprägung	Die Bäume wurden immer dicker, aber eigentlich war es reiner Zufall, wie die Bäume gewachsen sind. Das Wetter und die Brände haben auch einen Rolle gespielt, aber da alles Zufall war, weiß ich es nicht genau.	Populationsebene, Ontogenese, Lebensbedingungen, Weiß nicht.
B1	Die Rinde wird beim Feuer kleiner, die Bäume mit der dünnen Rinde sterben, weil die Rinde abbrennt.	Merkmalsausprägung mit Funktion, Populationsebene, Nachteil, passive Anpassung,	Die dickeren Bäume haben sich vermehrt, während die dünnen abrennen. Der Waldbrand brennt alle dünnen Bäume ab.	Populationsebene, Vorteil und Lebensbedingungen, Fortpflanzungserfolg, Variation der Individuen (Populationsgedanke).
B2	Die Rinde der Bäume wird immer dicker, weil sie wächst	Merkmalsausprägung, Ontogenese, Individualeben, Lebenszyklus.	Der Waldbestand entwickelt sich zu Bäumen mit dicker Rinde, weil die dünne Rinde dem Feuer nicht stand hält	Populationsebene, einfach entwickelt, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingungen, Variation der Individuen (Populationsgedanke).
B3	Die Bäume sind jedes Jahr ein paar cm dicker, weil sie wächst	Merkmalsausprägung, Ontogenese, Individualeben, Lebenszyklus.	Der Waldbestand entwickelt sich zu Bäumen mit dicker Rinde, weil die dünne Rinde dem Feuer nicht stand hält	Populationsebene, einfach entwickelt, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingungen, Variation der Individuen (Populationsgedanke).

B4	Es wird viele dicke Bäume und wenig dünne Bäume geben, weil nach einem Brand die Bäume mit der dicken Rinde besser überleben können.	Merkmalsausprägung mit Funktion, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingung, Populationsebene, Variation der Individuen (Populationsdenken)	Es haben nur die dicken Bäume und drei dünne überlebt. Da die dicken Bäume dem Brand besser stand geben können als die dünnen. Die Bäume mit dünner Rinde können kein großes Feuer aushalten im Gegensatz zu den dicken. Selbst bei kleinen Bränden überleben manche Bäume mit dünner Rinde nicht.	Merkmalsausprägung mit Funktion, Populationsebene, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingung, Variation der Individuen (Populationsgedanke).
C1	Es wird hauptsächlich Bäume mit dicker Rinde geben, weil diese bei Waldbränden die beste Überlebenschance haben.	Merkmalsausprägung mit Funktion, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingung, Populationsebene	Der Waldbestand hat sich nach jeder Ereigniskarte verändert. Mal waren mehr dünne und mal mehr mittlere da. Die dicken haben sich jedoch egal was passiert im Vergleich zu den anderen vermehrt. Dadurch, dass nach den Bränden viele Bäume starben gab es letztendlich nur einen mehr als am Anfang.	Merkmalsausprägung, Populationsebene, Variation der Individuen (Populationsdenken), passive Anpassung, Fortpflanzungserfolg
C2	Die Bäume mit der dicken Rinde werden am meisten da sein, weil Bäume mit dicker Rinde nicht so schnell brennen	Merkmalsausprägung mit Funktion, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingung, Populationsebene	Im Laufe der Zeit gab es immer weniger dünne und mittlere Bäume und mehr dicke. Weil die dünne Rinde nicht so gut schützt sind mehr dünne und mittlere Bäume abgebrannt.	Populationsebene, Variation der Individuen (Populationsdenken), passive Anpassung, Nachteil, Merkmalsausprägung mit Funktion,
C3	Bäume mit der dicken Rinde werden wegen dem Feuerschutz mehr da sein. Weil die eine dicke Rinde haben, haben die einen Feuerschutz.	Merkmalsausprägung mit Funktion, passive Anpassung, Vorteil und Lebensbedingung, Populationsebene	Zum Schluss ist nur dicke vorhanden, in der Mitte und am Anfang alles. Wegen der Rindendicke und so.	Merkmalsausprägung

C4	Es wird immer mehr Äste geben und die Rinde immer dicker werden. Die dickeren Stämme verbrennen mehr (widersprüchlich)	Ontogenese	Die dicke Rinde hat am besten überlebt, weil die Rinde besser geschützt hat. Bei uns haben nur die dicken überlebt, weil die Rinde am besten geschützt hat.	Vorteil, Lebensbedingung, Merkmalsausprägung mit Funktion, passive Anpassung
D1	Der Wald wird überwiegend aus Bäumen mit dicker Rinde bestehen. Die Brände zerstören die Bäume mit dünner Rinde eher als die mit dicker, da diese besser gegen Brände geschützt sind.	Merkmalsausprägung mit Funktion, Populationsebene, Vorteil und Lebensbedingungen, passive Anpassung, Variation der Individuen (Populationsdenken)	Die meisten Bäume waren dick und haben auch dicke Nachkommen bekommen. Der Waldbestand hat sich verändert, weil sie immer wieder neue verschiedene Nachkommen bekommen haben.	Vererbung, Variation der Nachkommen/Individuen (Populationsgedanke), Populationsebene,
D2	Die Rinden werden dicker und dicker sein, weil sie sich vermehrt haben	Merkmalsausprägung, Vererbung, passive Anpassung	Jeder Bau hat seine Nachkommen, weil Mammutbaum	-
D3	Sie haben mehr Nachkommen, weil sie geschützt sind durch ihre Rinde. Es kommt aber auf die Brände darauf an. Auch weil sie sich gut vermehren.	Merkmalsausprägung mit Funktion, Fortpflanzungserfolg, Vorteil, Lebensbedingungen, Populationsebene, passive Anpassung,	Es waren überwiegend dicke Bäume, weil sie bei den meisten Bränden überlebt haben. Die mittleren haben nur ab und zu einen kleinen Brand überlebt. Die Dünnen meistens gar nicht, weil die Rinde sehr dünn ist. Es gab immer wieder mehr Nachkommen. Meistens hatten dicke Mammutbäume Nachkommen die genauso waren, weil es in den Genen liegt. Genauso ist das bei den mittleren und dünnen. Manchmal bekommt aber ein dicker Baum auch einen dünnen Baum. Das ist nicht immer gleich.	Populationsebene, Vorteil und Lebensbedingungen, Merkmalsausprägung, Variation der Individuen/Nachkommen (Populationsgedanke), Vererbung, passive Anpassung

<p>D4</p>	<p>Die Mammutbäume haben keine ? damit sie Feuer fangen, aber die Blätter können entflammen und der Baumstamm nicht. Also wird es vielleicht in der 5. Generation fast gleich aussehen, vielleicht werden nur die Blätter anders sein. Die Rindendicke wird gleich sein oder ein bisschen breiter</p>	<p>Merkmalsausprägung mit Funktion, Ontogenese,</p>	<p>Es gab sehr viele Bäume mit dicken Rinden, weil sie im Wald besser klar kommen mit Feuer und einen guten (besseren) Schutzmechanismus haben als die mittleren und dünneren. Die Bäume mit einer dicken Rinde haben häufig auch einen Nachkommen mit einer dicken Rinde. Deswegen so viele Bäume mit dicken Rinden. Die Waldbrände lassen die dünnen und mittleren Rinden aussterben, weil sie nicht so einen guten Schutzmechanismus haben wie das von den dicken Rinden.</p>	<p>Populationsebene, Vorteil/Nachteil und Überlebensbedingung, Merkmalsausprägung mit Funktion, Vererbung, Variation der Individuen/Nachkommen (Populationsgedanke)</p>
------------------	---	---	--	---

11.9.8 Zusammenfassungen der teilnehmenden Beobachtung

Gruppe A

Vor dem Simulationsspiel:

Die SchülerInnen starten mit unterschiedlichen Vorstellungen. Diese werden zu Beginn diskutiert. Einigen sich auf die Vorstellungen von A1 und A4. A2 stimmt den beiden zu, A3 ist in der Diskussion der Meinung, dass die Anzahl der Bäume mit dicker Rinde größer wird, weil die Rinde das Feuer abhält.

Während dem Simulationsspiel:

A1 "*macht voll Spaß*"

Die SchülerInnen haben Schwierigkeiten mit den Wendepfättchen und wissen zunächst nicht wer wie viele Nachkommen bekommen. Guide erklärt es ihnen.

A4 beim Teilen des Waldes hofft sie, dass es die Seite mit weniger Bäumen wird.

A2 erkennt, dass er/sie viele Nachkommen ziehen muss im Vergleich zu den anderen (Bäumen mit dicker Rinde)

Nach der dritten Generation merken die SchülerInnen, dass sie die Anzahl der Individuen hätten notieren müssen.

Stellen fest, dass es ganz schön viele Bäume auf dem Spielfeld gibt und dass sie bald keine Bäume mit dicker Rinde mehr haben.

A4 stellt fest, dass es viele Bäume mit dicker Rinde gibt.

Verändern ihre Vermutung während der Simulation, sie diskutieren über die neue Vermutung, dass es mehr Bäume mit dicker als dünner Rinde geben wird und vergleichen diese mit der ersten Vermutung.

A4 stellt fest, dass die es genügend Querschnitte der Bäume mit dünner Rinde gibt.

SchülerInnen freuen sich, wenn sie dünne Bäume ziehen.

Waldbestand explodiert bei der Simulation, (weil) kein riesen Feuer kommt. Sodass die SchülerInnen Schwierigkeiten beim Zählen haben und kein Platz für neue Bäume ist. (Hier kann der Aspekt der Ressourcenknappheit diskutiert werden).

Sie stellen fest, dass durch den Waldbrand mehr Platz vorhanden ist. A4 will dass auch die Bäume mit dicker Rinde sterben.

SchülerInnen sind während der gesamten Simulation motiviert.

A4: "Theorie, dass es irgendwann zu voll ist, habe ich am Anfang gesagt"

A2 hat am Ende keine Lust mehr die Nachkommen der "dicken" zu ziehen. Dadurch dass der Wald voll ist, können keinen neuen Nachkommen produziert werden (als Selektionsdruck in der Nachbesprechung aufgreifen).

Quiz:

Der Zufall bestimmt, wie die Nachkommen eines Baumes aussehen. "Wir haben das an den Tüten gesehen"

Gruppe B

Vor dem Simulationsspiel:

Die SchülerInnen haben vor der Simulation unterschiedliche Vorstellungen aufgeschrieben. D1-D3 formulierten Vorstellungen basierend auf der Entwicklung von Merkmalsausprägungen in Bezug zum Überlebensvorteil der Bäume mit dickerer Rinde und der Vererbung/Vermehrung dieser. D4 dahingegen beschreibt die Ontogenese. Es wird keine Diskussion geführt, sondern die Vorstellung von D1-D3 gemeinsam festgelegt.

Während des Simulationsspiels:

Anfangsschwierigkeiten beim Verlauf und dem ziehen der Art der Nachkommen aus dem Nachkommensäckchen. Eine weitere Erklärung durch den Beobachter half den SchülerInnen weiter. Ein riesiger langer Waldbrand führt dazu, dass nur zwei Bäume mit dicker Rinde nach der zweiten Generation vorhanden sind.

Die SchülerInnen sind motiviert und haben Freude beim werfen des Feuers auf das Spielfeld.

Diskussion, ob die Bäume, die in der zweiten Generation bereits Nachkommen bekamen auch in der folgenden Generation Nachkommen bekommen können. Sie kommen zu dem Schluss, dass es möglich ist. Dadurch, dass es nur vier Bäume mit dicker Rinde gibt, passiert nichts beim nächsten Waldbrand D3 "also passiert wieder nix".

Vermutung nach der dritten Generation: D3 "die mit dicker Rinde überleben, sieht man doch an den Generationen."

Es findet ein Wechsel der Aufgabenverteilung in der vierten Generation statt. D1 übernimmt die Spielleitung. Und simulieren Generation vier und fünf.

Nach dem Simulationsspiel:

SchülerInnen diskutieren über die Ergebnisse der Simulation und darüber, dass die Bäume mit dicker Rinde besser geschützt sind, als diejenigen mit dünner und mittlerer Rinde. Diejenigen mit dünner Rinde können nicht überleben (D4).

Weiterhin diskutieren sie über die Nachkommen der Mammutbäume. Sie stellen fest, dass die Bäume mit dicker Rinde am häufigsten Bäume mit dicker Rinde als Nachkommen haben (D3) und das liege an den Genen (D4). D4 vergleicht dies mit dunkelhäutigen Menschen, die dunkelhäutigen Kinder bekommen. D3 sagt "aber nicht immer". D1 stimmt beiden zu und sagt "und das ist bei den Bäumen

auch so". Sie beziehen sich in ihrer Diskussion auf die Bäume mit dicker Rinde, da diese Gruppe kaum Nachkommen aus den Säckchen der Bäume mit dünner und mittlerer Rinde gezogen hat.

Quiz:

Die SchülerInnen fragen sich, ob mehrfachantworten möglich sind. Die SchülerInnen diskutieren über die Quizfrage. Der Baum selbst bestimmt wie die Nachkommen des Baumes aussehen (D3); und die Umwelt (D4), D1 stimmt D4 zu.

Sie halten gemeinsam fest, dass die Entwicklung der Mammutbäume über viele Generationen und tausende Jahre stattfindet.

Gruppe C

Vor dem Simulationsspiel:

C1-3 haben ähnliche Vorstellungen vor der Simulation formuliert, C4 hat eine Vorstellung zur Ontogenese formuliert. Die SchülerInnen diskutieren nicht über ihre Vermutungen, C4 hält sich aus der Diskussion raus.

Während des Simulationsspiels:

C3 übernimmt die Leitung des Simulationsspiels. Sie spielen die erste Generation ohne Probleme und stellen fest, dass auch Bäume mit dünner Rinde überleben können.

In der zweiten Generation treten Probleme beim Verteilen der Nachkommen, Beobachter erklärt die Wendeplättchen. Bei der Teilung des Waldes in zwei Hälften tritt das Problem auf, dass ein Baum zur Hälfte auf der einen und zur Hälfte auf der anderen Seite liegt.

Alle SchülerInnen sind beteiligt und führen Aufgaben durch. C1 hat weiterhin die Rolle der Leitung. Sie diskutieren nicht über ihre aufgestellte Vermutung, sondern stellen fest, dass dies mit den Ergebnissen der Simulation übereinstimmt.

Die vierte Generation wird ohne Diskussion und Probleme simuliert.

Probleme beim Ziehen der Nachkommen, C3 wollte nicht jeden Nachkommen einzeln ziehen, sondern alle auf einmal.

C4 bekommt erklärt, was jeder Dritte Baum bedeutet. Die SchülerInnen erklären sich gegenseitig Inhalte, wenn sie Schwierigkeiten haben.

C3 nach der 5. Generation "unsere Vermutung hat gestimmt".

Nach dem Spiel:

C2 schreibt die Antwort für 4a) auf und liest sie den anderen vor. Die anderen sollen nun beantworten, warum die dicken Bäume mehr vorhanden waren. C3 "wie sie einen höheren Brandschutz haben".

C3 gibt die Antwort für 4b) " Alle Bäume können alle Nachkommen bekommen" die andern nehmen die Antwort so hin.

C1 stellt die Vermutung auf, dass nur dicke Bäume nach 20 Generationen da sein könnten, weil "bei großen Feuern nur dicke überleben". Dies wird so notiert.

Quiz:

C1 stellt fest, dass die Entwicklung der Rinde nicht "ein Leben lang" gedauert hat, weil ihm das nichts bringe, da er am Ende des Lebens sowieso tot sei. --> tausend Jahre.

C3 und C1 diskutieren über die Frage, wer bestimmt wie die Nachkommen eines Baumes aussehen. C3 ist der Meinung es sei der Zufall, C1 die Umwelt, C3 begründet ihre Aussage mit der Simulation "Aber es war Zufall was wir herausgezogen haben".

Die SchülerInnen sind sich einig, dass der größte Baum 135m hoch war.

C3 beantwortet die Frage nach dem Alter der Mammutbäume und die anderen stimmen zu.

Gruppe D

Vor der Simulation:

B1 und B4 haben eine ähnliche Vorstellung und beschreiben den Überlebensvorteil der Bäume mit dicker Rinde. Beide sind der Meinung die Bäume mit dicker Rinde werden überleben. B2 und B3 dahingegen formulieren die Entwicklung der Bäume aus Sicht der Ontogenese.

Zu Beginn des Simulationsspiels werden die Aufgaben verteilt, B3 wird Spielführerin.

Die SchülerInnen diskutieren darüber, ob die dicken mehr vorhanden sind oder die dünnen. B3: die Zeit zum Wachsen dauert länger als der Brand (Ontogenese). Sie stimmen ab und entscheiden, dass die Rinde dicker wird, weil sie Zeit zu wachsen mehr ist, als die Zeit der Brände (Ontogenese steht im Vordergrund).

Während der Simulation:

Zu Beginn Schwierigkeiten mit den Nachkommen und dem Feuer. Erklärung durch Beobachter.

B4 wird zum Spielführer.

Die SchülerInnen freuen sich darüber, dass die Bäume mit dicker Rinde überleben.

B4 ist der einzige, der sich Gedanken über die Quizfragen und Aufgaben macht. Die anderen nehmen eine passive Rolle ein und haben kein Interesse an der Simulation.

Nach der dritten Generation ändern sie ihre Vermutung. "Nur die dicken Bäume haben überlebt, sie überleben mehr Brände".

Nach dem Simulationsspiel:

Es wird festgestellt, dass am meisten Bäume mit dicker Rinde vorhanden sind und keine mit dünner, weil die mit dünner Rinde das große Feuer nicht überleben.

Alle Bäume können alle Nachkommen bekommen.

Nach 20 Generationen werden nur Bäume mit dicker Rinde vorhanden sein, weil sie am besten dem Feuer standhalten.

Quiz:

Alle erkennen die Umwelt als Selektionsdruck und sagen die Umwelt bestimme, wie die Nachkommen der Bäume aussehen.

Der höchste lebende Baum sein 101m und der älteste Baum sein 3000 Jahre alt.

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Hans-Peter Ziemek bedanken. Du hast es mir ermöglicht, ein spannendes Thema, welches die Theorie mit der Praxis verband, zu erforschen. Während meines Forschungsprozesses hast du mich durch viele vorantreibende Gespräche begleitet und mich immer in meinen Vorhaben unterstützt. Danke, Hans-Peter, für die gewährten Freiräume während der letzten Jahre.

Ein weiterer großer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dittmar Graf für seine Unterstützung während der zweiten Hälfte meiner Doktorarbeit. Zahlreiche fachliche Diskussionen haben mir geholfen im Durcheinander der fachdidaktischen Begriffe eine Ordnung zu schaffen. Du hast mich immer wieder motiviert weiter zu machen und mir gezeigt, wie wichtig meine Arbeit für die fachdidaktische Forschung ist. Danke!

Vielen Dank Frau Dr. Gundula Zubke, du hast mich von Anfang an motiviert und mit mir unzählige inspirierende Gespräche geführt. In sämtlichen fachdidaktischen Fragen warst du von Beginn an eine hervorragende Ansprechpartnerin und du warst immer für mich da.

Ich danke allen Doktoranden und Mitarbeiterinnen des Instituts für Biologiedidaktik für die bewegte, fröhliche und unglaublich tolle Zeit. Es war *wunderbar*. Danke liebe Svenja Freund, ohne dich hätte ich diese Doktorarbeit vielleicht nie angefangen und mir wäre nicht nur *diese* Art von Marathon vorenthalten geblieben. Du hast mich von der ersten Minute bis zum letzten Wort dieser Arbeit in allen Lagen des Lebens begleitet - Danke! Danke dir Claudia, nun Frau Dr. Kreling, dass du mich immer wieder an die Freuden des Lebens erinnert hast. Nils Krautwald, dir verdanke ich unglaublich viele meiner Erfahrungen im Umgang mit SchülerInnen. Du hast es mir ermöglicht meine Interviews mit deinen SchülerInnen zu testen, die weite Reise zur Holderbergschule hat sich gelohnt – vielen Dank. Danke, Elena Hamdorf, für die zahlreichen Gespräche und Diskussionen in unserem gemeinsamen und geliebten *Chaos-Büro*; Danke, Anna Beniermann, für dein fantastisches Feedback und deine unglaublich aufmunternden Worte; Danke, Kirsten Greiten, für deine kreativen Hilfestellungen, sogar vom Krankenbett aus und Danke, Anne Spitzner, für die hervorragende Unterstützung bei den Wortfindungsschwierigkeiten und den Korrekturen. Und ich danke dir dafür, dass du mich immer wieder daran erinnerst hast, dass ich qualitativ forsche.

Die Erhebung der Schülervorstellungen konnte nur Dank der Bereitschaft der Liebigschule in Gießen stattfinden. Ein großer Dank geht deshalb an Herrn Dr. Scherließ, den ehemaligen Schulleiter der Liebigschule und an den Fachsprecher Biologie, Herr Dr. Schott, der mir seine 7. Klasse zur Verfügung stellte. Ein riesen Dank geht natürlich an alle SchülerInnen, die befragt wurden!

Weiterhin hätte das Lernangebot im botanischen Garten nicht ohne die Hilfe von Yvonne Walter und ihrer Klasse vom Landgraf-Ludwig-Gymnasium durchgeführt werden können – Danke Yvonne und danke auch an deine SchülerInnen!

Ich danke auch allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des botanischen Gartens in Gießen für die unglaublich tolle Unterstützung. In diesem Zusammenhang möchte ich mich vor allem bei Dr. Martin de Jong bedanken: Ohne dich wäre niemals eine so gute und erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Garten möglich gewesen. Außerdem warst du mir eine große Hilfe bei der Planung und Umsetzung des Lernangebotes und hast es mir ermöglicht in den vergangenen Jahren viele Erfahrungen mit Kindern und Erwachsenen an diesem außergewöhnlichen Lernort zu sammeln – Danke!

Ein besonderer Dank gilt Julian Roth, der mich nicht nur im Institut versorgt, sondern mir auch Zuhause das Leben, vor allem während der Schreibphase, erleichtert hat. Danke für dein Verständnis, deine Hilfe und deine unglaubliche Rücksichtnahme!

Ich danke meinen Mitbewohnerinnen Nina Hofheinz und Marie Moos, die mich die letzten vier Jahren unterstützt haben. Nina, dir Danke ich vor allem dafür, dass du mir über die Grenzen Deutschlands hinaus geholfen und mich überall hin in die Welt begleitet hast. Marie, danke für die zahlreichen freudigen Stunden im *Streichelzoo* und im Westbad!

Weiterhin möchte ich mich bei all meinen Freunden bedanken. Danke, Martin Köstler, du hast einen wichtigen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet, denn du hast mir beigebracht, die Dinge wissenschaftlich zu hinterfragen. Danke, für die vielen Diskussionsrunden. Danke, Christina Mohr und Philipp Rüster, für die Abwechslung durch das Kochdate und die Laufeinheiten. Danke Nadine Happel und Danke Nicola Bender, für die sportlichen Herausforderungen und somit den hervorragenden Ausgleich zur Schreibtischarbeit.

Als letztes möchte ich mich noch bei meiner Familie bedanken. Danke liebe Mama, lieber Papa und liebste Schwester für das Stückchen Heile Welt, dass ihr mir immer gebt und mich somit auch bei dieser Doktorarbeit unglaublich unterstützt habt.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Gießen, _____

(Datum, Unterschrift)