

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

**Erhebung von Lernprozessen zum Thema Evolution in
computerbasierten Lernarrangements bei
Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I
- Qualitative Studie nach dem Modell der
fachdidaktischen Entwicklungsforschung**

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

im Fachbereich Biologie
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Julian Roth

Gießen, im August 2017

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

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Zusammenfassung.....	1
2 Einleitung.....	2
3 Theoretischer Hintergrund.....	4
3.1 Moderater Konstruktivismus.....	4
3.2 Vorstellungen.....	5
3.3 Conceptual Change.....	7
3.4 Didaktische Rekonstruktion.....	9
3.5 Fachdidaktische Entwicklungsforschung.....	10
3.6 Bedeutung der Evolution.....	12
3.7 Vorstellungen zur evolutionären Anpassung.....	13
3.8 Diagnose von Vorstellungen.....	18
3.9 Interventionsstudien zur Evolution.....	20
3.10 Computerbasierte Lernarrangements.....	21
4 Fragestellungen und Forschungsdesign.....	25
5 Entwicklung des Prototyps.....	27
5.1 Konzept des computerbasierten Lernarrangements.....	28
5.2 Aufbau der Fragen.....	31
5.3 Feedback.....	35
5.4 Videos.....	37
5.5 Ziele und Name des computerbasierten Lernarrangements.....	46
6 Material und Methoden.....	48
6.1 Die Design-Experimente.....	50
6.1.1 Stichprobe.....	50
6.1.2 Aufbau und Ablauf der Untersuchung.....	50
6.1.3 Entwicklung des Interviewleitfadens.....	51
6.1.4 Lautes Denken und Videographie.....	54
6.2 Datenaufbereitung.....	55
6.3 Datenanalyse.....	56
7 Ergebnisse.....	59
7.1 Kategoriensystem und kategorienbasierte Auswertung.....	59

7.2 Erster Zyklus.....	68
7.2.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen	68
7.2.2 Ergebnisse des Interviews.....	82
7.2.3 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE.....	84
7.3 Zweiter Zyklus.....	85
7.3.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen	85
7.3.2 Ergebnisse des Prä-Post Tests.....	98
7.3.3 Ergebnisse des Interviews.....	100
7.3.4 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE.....	102
7.4 Dritter Zyklus	103
7.4.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen	103
7.4.2 Ergebnisse des Prä-Post-Tests	115
7.4.3 Ergebnisse des Interviews.....	116
7.4.4 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE.....	118
7.5 Vierter Zyklus.....	118
7.5.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen	118
7.5.2 Ergebnisse des Prä-Post-Tests	130
7.5.3 Ergebnisse des Interviews.....	131
7.6 Zusammenstellung der Ergebnisse.....	133
8 Diskussion.....	140
9 Fazit und Ausblick.....	154
10 Literaturverzeichnis.....	156
11 Anhang.....	168
Danksagung	
Eidesstattliche Erklärung.....	
Abkürzungsverzeichnis als Ausklappseite	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion; verändert nach Kattmann et al. (1997)	10
Abbildung 2: Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell; verändert nach Prediger et al. (2012).....	11
Abbildung 3: Formaler Aufbau des computerbasierten Lernarrangements	27
Abbildung 4: Screenshot der ersten Frage (Gepard) des computerbasierten Lernarrangements.....	32
Abbildung 5: Screenshot der Farbcodierung der Satzbausteinauswahl im computerbasierten Lernarrangement	36
Abbildung 6: Screenshot der antwortspezifischen Elaboration im computerbasierten Lernarrangement	36
Abbildung 7: Verwendung von Symbolen und Skizzen innerhalb des dritten animierten Videos (Ente).....	42
Abbildung 8: Darstellung der räumlichen Nähe zwischen einzelnen Bildelementen innerhalb des dritten animierten Videos (Ente)	42
Abbildung 9: Darstellung der gezielten Verwendung von Symbolfarben und symbolhaften Gestaltungsformen innerhalb des ersten animierten Videos (Gepard)	43
Abbildung 10: Darstellung der bedeutungstragenden Funktion von Pfeilen innerhalb des ersten animierten Videos (Gepard)	44
Abbildung 11: Ablauf der Forschung innerhalb eines Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung in Dortmunder Modell.....	48
Abbildung 12: Forschungsdesign der Studie	49
Abbildung 13: Aufbau der Untersuchung. Kamera 1 filmt den/die Schüler/in von vorne. Kamera 2 zeichnet den Bildschirm auf. Der Beobachter macht Notizen, erinnert an die Methode des Lauten Denkens und gibt, wenn nötig, Hilfestellungen.	51
Abbildung 14: Generelles Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz 2012	56
Abbildung 15: African Elephant (Loxodonta africana) bull (32703016604).jpg. Aus Wikimedia Commons, dem freien Medienarchiv. Urheber: Bernhard Dupont	204
Abbildung 16: Moeritherium.jpg. Darstellung von Heinrich Harder (1912). Aus Wikimedia Commons, dem freien Medienarchiv.	205

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die sieben Satzbausteinkategorien des computerbasierten Lernarrangements....	29
Tabelle 2: Inhalte der sieben Satzbausteinkategorien des computerbasierten Lernarrangements.....	33
Tabelle 3: Beispiele für eine antwortspezifische Elaboration.....	37
Tabelle 4: Didaktisch reduzierte Erklärung zentraler Begriffe der animierten Videos	38
Tabelle 5: Interviewleitfaden	53
Tabelle 6: Notationsregeln.....	56
Tabelle 7: Kategoriensystem	59
Tabelle 8: Anzahl der Aussagen der Schülerinnen und Schüler zur Auswahl der Satzbausteine	67
Tabelle 9: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	69
Tabelle 10: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	69
Tabelle 11: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	70
Tabelle 12: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	71
Tabelle 13: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	72
Tabelle 14: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	72
Tabelle 15: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	73
Tabelle 16: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	74

Tabelle 17: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	75
Tabelle 18: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	75
Tabelle 19: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	76
Tabelle 20: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	76
Tabelle 21: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	77
Tabelle 22: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	77
Tabelle 23: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	78
Tabelle 24: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	79
Tabelle 25: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	79
Tabelle 26: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	80
Tabelle 27: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	80

Tabelle 28: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	81
Tabelle 29: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	81
Tabelle 30: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 1 (Schülerin 1, Schülerin 2 und Schüler 3). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.	83
Tabelle 31: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	85
Tabelle 32: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	86
Tabelle 33: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	86
Tabelle 34: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	87
Tabelle 35: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	88
Tabelle 36: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	88
Tabelle 37: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	89
Tabelle 38: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	90

Tabelle 39: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	90
Tabelle 40: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	91
Tabelle 41: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	91
Tabelle 42: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	92
Tabelle 43: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	93
Tabelle 44: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	93
Tabelle 45: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	94
Tabelle 46: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	95
Tabelle 47: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	95
Tabelle 48: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	96
Tabelle 49: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	96

Tabelle 50: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	97
Tabelle 51: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	98
Tabelle 52: Kategorisierte Antworten des Schülers 4 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.	99
Tabelle 53: Kategorisierte Antworten der Schülerin 5 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.	100
Tabelle 54: Kategorisierte Antworten des Schülers 6 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.	100
Tabelle 55: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 2 (Schüler 4, Schülerin 5 und Schüler 6).	101
Tabelle 56: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	103
Tabelle 57: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	104
Tabelle 58: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	105
Tabelle 59: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	105
Tabelle 60: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	106
Tabelle 61: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	106
Tabelle 62: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	107

Tabelle 63: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	108
Tabelle 64: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	108
Tabelle 65: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	109
Tabelle 66: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	109
Tabelle 67: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	110
Tabelle 68: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	110
Tabelle 69: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	111
Tabelle 70: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	112
Tabelle 71: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	112
Tabelle 72: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	113
Tabelle 73: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	113

Tabelle 74: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	114
Tabelle 75: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	114
Tabelle 76: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	114
Tabelle 77: Kategorisierte Antworten der Schülerin 7 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.....	115
Tabelle 78: Kategorisierte Antworten des Schülers 8 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.....	116
Tabelle 79: Kategorisierte Antworten der Schülerin 9 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.....	116
Tabelle 80: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 3 (Schülerin 7, Schüler 8 und Schülerin 9). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.....	117
Tabelle 81: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	119
Tabelle 82: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	119
Tabelle 83: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	120
Tabelle 84: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	120
Tabelle 85: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	121
Tabelle 86: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.....	121

Tabelle 87: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	122
Tabelle 88: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	123
Tabelle 89: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	123
Tabelle 90: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	124
Tabelle 91: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	124
Tabelle 92: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	125
Tabelle 93: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	125
Tabelle 94: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	125
Tabelle 95: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	126
Tabelle 96: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	127
Tabelle 97: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	127

Tabelle 98: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	128
Tabelle 99: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	128
Tabelle 100: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	129
Tabelle 101: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.	129
Tabelle 102: Kategorisierte Antworten des Schülers 10 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.	130
Tabelle 103: Kategorisierte Antworten des Schülers 11 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.	130
Tabelle 104: Kategorisierte Antworten des Schülers 12 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.	131
Tabelle 105: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 3 (Schülerin 7, Schüler 8 und Schülerin 9). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.	132
Tabelle 106: Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 1 und 2 (Gepard und Kaktus). Rot: falscher Satzbaustein, Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der richtig, fast richtig und falsch gewählten Satzbausteine angegeben. Die Buchstaben in der Tabelle geben die sieben Satzbausteinkategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Zahlen hinter den Buchstaben geben an, welcher Satzbaustein gewählt wurde (vgl. Anhang 11.2, 11.3 und 11.17).	134
Tabelle 107: Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 3 und 4 (Ente und Brombeere). Rot: falscher Satzbaustein, Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der richtig, fast richtig und falsch gewählten Satzbausteine angegeben. Die Buchstaben in der Tabelle geben die sieben Satzbausteinkategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Zahlen hinter den Buchstaben geben an, welcher Satzbaustein gewählt wurde (vgl. Anhang 11.4, 11.5 und 11.17).	135
Tabelle 108: Begründungen der Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 1 und 2 (Gepard und Kaktus). Rot: Begründung inhaltlich falsch, Gelb: Begründung inhaltlich teilweise richtig, Grün: Begründung inhaltlich richtig. Blau:	

Begründung strukturell, Grau: keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die zweite Zeile der Tabelle gibt die sieben Satzbausteinkategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, All: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7). 136

Tabelle 109: Begründungen der Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 3 und 4 (Ente und Brombeere). Rot: Begründung inhaltlich falsch, Gelb: Begründung inhaltlich teilweise richtig, Grün: Begründung inhaltlich richtig. Blau: Begründung strukturell, Grau: keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die zweite Zeile der Tabelle gibt die sieben Satzbausteinkategorien/Teilvorstellungen wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, All: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7)..... 137

Tabelle 110: Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Prä- und Posttest zur Entwicklung des Rüssels von Elefanten. Rot: Begründung inhaltlich falsch, Gelb: Begründung inhaltlich teilweise richtig, Grün: Begründung inhaltlich richtig. Blau: Begründung strukturell, Grau: keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die Zahlen in den Zellen geben die Anzahl der getroffenen Aussagen zur offenen Fragestellung wieder. Die genannten Fehlvorstellungen der einzelnen Schülerinnen und Schüler sind unterhalb der Anzahl der Aussagen zu finden. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7 und Anhang 11.18)..... 138

Tabelle 111: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die Fehlvorstellungen in Prä- und Posttest äußern und fehlerhafte Bausteine bei den einzelnen Beispielen in SELEVCTIVE wählen. 139

1 Zusammenfassung

Nationale sowie internationale Forschungen der letzten Jahre und Jahrzehnte zeigen, dass Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zur evolutiven Anpassung oft nicht mit der wissenschaftlichen Vorstellung übereinstimmen. Diese fehlerhaften Alltagsvorstellungen können das Erlernen evolutionärer Inhalte behindern. Nur durch eine geeignete vorunterrichtliche Diagnose von Vorstellungen der Lernenden kann der Unterricht inhaltlich und didaktisch sinnvoll strukturiert werden. Dabei dienen die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler als Anknüpfungspunkte um den Unterricht am Lernenden orientiert aufzubereiten.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein schülerorientiertes computerbasiertes Lernarrangement namens SELECTIVE zum Thema evolutionäre Anpassung in Anlehnung an die fachdidaktische Entwicklungsforschung nach dem Dortmunder Modell konzipiert, erstellt und evaluiert. SELECTIVE hat dabei zwei wesentliche Funktionen. Zum einen dient es der differenzierten Diagnose von Vorstellungen, die es Lehrenden ermöglicht zeiteffizient und objektiv die unterschiedlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu erheben. Zum anderen regt das Lernarrangement Schülerinnen und Schüler dazu an, im Sinne einer Conceptual Reconstruction die eigenen Fehlvorstellungen zu hinterfragen und hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen neu- bzw. umzukonstruieren.

Die Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern wurden während der Bearbeitung von SELECTIVE erhoben und im Anschluss analysiert. Dabei zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler während der Intervention ihre eigenen Vorstellungen überdenken und im Anschluss wissenschaftlich argumentieren. Lehrende haben mit SELECTIVE zukünftig ein Lernarrangement zur Verfügung, das es einerseits ermöglicht Grundlagen der evolutionären Anpassung zu vermitteln und andererseits Schwierigkeiten aufzeigt, die Schülerinnen und Schüler mit dieser Thematik haben.

2 Einleitung

„*Wer Evolution nicht versteht, versteht auch Biologie nicht*“ (Graf 2009, S.3). Dieses Zitat verdeutlicht, dass die Evolution das zentrale Thema in der Biologie ist. Durch sie werden alle Teildisziplinen der Biologie miteinander verbunden, und sie trägt somit zum Gesamtverständnis der Lehre vom Leben bei. Die stammesgeschichtliche Entwicklung aller Lebewesen, deren Umwandlungen und die Entstehung neuer Arten wird dadurch beschrieben. Neben den biologischen Gesichtspunkten hat das Thema Evolution auch eine hohe gesellschaftliche Relevanz, beispielsweise bei der Entwicklung von Resistenzen gegenüber Arzneimitteln oder aber auch bei der Überfischung der Weltmeere. Auch die Wertschätzung aller Lebewesen kann nur durch ein Verständnis der Evolution erfolgen. Somit wird deutlich, dass das Verstehen der Evolution einen hohen Stellenwert für Forschung und Gesellschaft hat.

Zahlreiche nationale sowie internationale Untersuchungen der letzten Jahre zeigen, dass die Evolutionstheorie, trotz ihrer immensen Bedeutung, abgelehnt bzw. nicht verstanden wird (z.B. Graf 2009, Auflistung in Brennecke 2015). Die daraufhin untersuchten Vorstellungen von Lernenden verschiedener Altersstufen zeigen, dass diese meist nicht mit den wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen (Kampourakis und Zogza 2007). Die Vorstellungen von Lernenden beruhen auf alltäglichen Erfahrungen, die durch ihre Umwelt beeinflusst werden (Duit 1995). Um Evolution erfolgreich zu vermitteln, müssen die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler diagnostiziert werden, damit darauf aufbauend Inhalte aufbereitet und Lehrkonzepte didaktisch strukturiert werden können. Für die Strukturierung werden Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern mit der wissenschaftlichen Sichtweise verglichen (Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek 1997). Durch dieses Konzept der didaktischen Rekonstruktion (Kap. 3.4), mit seinen Wurzeln im moderaten Konstruktivismus (Kap. 3.1), sollen Inhalte am Lernenden orientiert aufbereitet und vermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit dient dies als Strukturierung eines computerbasierten Lernarrangements für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Durch die bisherige Vorstellungsforschung zum Thema Evolution wird deutlich, dass Schülerinnen und Schüler bei verschiedenen Kontexten inkonsistente sowie sehr differenzierte Vorstellungen aufweisen (z.B. Palmer 1996, Brennecke 2015, Fischer 2015). Die Inkonsistenz und die Differenziertheit der Vorstellungen sollen durch die Verwendung

unterschiedlicher Beispiele (botanisch und zoologisch) innerhalb des Lernarrangements und die Diagnose durch Satzbausteine, aus denen die Lernenden ihre Vorstellungen zur evolutiven Anpassung eines Lebewesens aus mehreren Teilvorstellungen zusammensetzen können, erhoben werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, das Lernarrangement im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung nach dem Dortmunder Modell (Kap. 3.5) in einem iterativen Verfahren zu entwickeln und zu optimieren. Dieses Lernangebot soll einerseits ein für den Schulalltag taugliches, also einfach anzuwendendes und nicht zeitintensives, objektives Diagnoseinstrument für Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Thema „evolutive Anpassung“ sein. Andererseits sollen die Lernenden während der Bearbeitung des Programmes ihre Vorstellungen im Sinne der Conceptual-Change-Theorie (Kap. 3.3) hinterfragen und hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen um- bzw. neukonstruieren. Durch die Analyse von Lernprozessen während der Bearbeitung des computerbasierten Lernarrangements sollen weiterhin Erkenntnisse über geeignete Diagnoseinstrumente, Vermittlungsmedien und -methoden für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I zum Thema Evolution gewonnen werden.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich somit folgendermaßen: Zunächst wird der theoretische Hintergrund der Arbeit beschrieben. Dort werden Theorien, Modelle sowie der aktuelle Forschungsstand aufgezeigt (Kap. 3). Im Anschluss werden Forschungsfragen und Forschungsdesign beschrieben (Kap. 4), bevor auf die Konzeption und die Entwicklung des Prototyps des computerbasierten Lernarrangements eingegangen wird (Kap. 5). Das darauffolgende Kapitel beinhaltet das methodische Vorgehen dieser Studie (Kap. 6). Die Ergebnisse der einzelnen Schülerinnen und Schüler werden, aufgeteilt nach den Zyklen des iterativen Verfahrens, dargestellt (Kap. 7), analysiert, reflektiert und diskutiert (Kap. 8). Den Schluss bildet das Fazit der Arbeit mit einem Ausblick auf weitere Forschungsansätze zu diesem Thema (Kap. 9).

3 Theoretischer Hintergrund

3.1 Moderater Konstruktivismus

Eine der zentralen Grundlagen in der fachdidaktischen Forschung ist die des moderaten Konstruktivismus, da dieser „in allen Bereichen Anwendung findet, in denen es um Menschen und deren Wissen, Handeln, Denken und Lernen geht“ (Riemeier 2007, S. 69). So geht man davon aus, dass der Lernende keine Abbilder der Wirklichkeit abspeichert, sondern Wissen individuell konstruiert (Duit 1995). Diese Aussage hat ihren Ursprung im radikalen Konstruktivismus, einer Erkenntnistheorie, die besagt, dass es nur subjektive Erkenntnisprozesse gibt und Individuen keinen Zugang zur objektiven Realität besitzen (Maturana und Varela 2009). Dennoch muss im Unterricht auf objektive Strukturen, wie z.B. Gesetzmäßigkeiten, hingearbeitet werden. Das Prinzip der individuellen Wissenskonstruktion bleibt im moderaten Konstruktivismus bestehen, bezieht sich dabei aber besonders auf Lernprozesse und Unterrichtsinhalte, die sich auf eine erfassbare und objektive Außenwelt stützen, und grenzt sich so vom radikalen Konstruktivismus ab (Einsiedler 2011a). Die Konstruktion von Wissen wird in der Sichtweise des moderaten Konstruktivismus als selbstdeterminiert, individuell, sozial und situiert charakterisiert (Riemeier 2007). Das bedeutet, dass der Lernprozess der Schülerinnen und Schüler nicht von außen kontrolliert bzw. gesteuert wird, sondern dass die Umgebung diesen nur anregen oder auslösen kann. Zudem findet Lernen immer in einem sozialen Kontext statt, in dem die Lernenden Ideen oder Vermutungen austauschen, testen und teilen. Wissen ist außerdem immer mit den inhaltlichen und sozialen Erfahrungen der jeweiligen Lernsituation verknüpft (Riemeier 2007). Die Lernenden verfügen also über individuelles Vorwissen, welches auf bisher gemachten Erfahrungen beruht. Im Unterricht werden sie nun mit zusätzlichen Lernangeboten konfrontiert und konstruieren dann aktiv Wissen, indem sie ihr Vorwissen in das neue Wissen einbauen. In dieser Studie soll mit einem computerbasierten Lernarrangement eine Lernumgebung geschaffen werden, die darauf abzielt, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Den Einfluss des Vorwissens auf das Lernen und Lehren belegen zahlreiche empirische Untersuchungen in den naturwissenschaftlichen Didaktiken (Duit 1995, Duit 2007, Weitzel 2010a). In der Literatur (z.B. Monetha 2009) wird dieses Vorwissen häufig als Vorstellung der Lernenden bezeichnet.

3.2 Vorstellungen

Die fachdidaktische Lehr-Lernforschung beschäftigt sich intensiv mit den Erfahrungen bzw. dem individuell konstruierten Wissen von Schülerinnen und Schülern, da dies bedeutend für das Verstehen von Zusammenhängen ist (Lakoff und Johnson 1998). Auch die Art und Weise, wie neues Wissen von den Lernenden konstruiert wird und wie es bei ihnen ankommt ist von Bedeutung (z.B. Riemeier 2007). Dieses subjektive Wissen wird oft als „Vorstellung“, „Alltagsvorstellung“, „Präkonzept“ oder „lebensweltliche Vorstellung“ bezeichnet (Graf und Hamdorf 2011). Jeder Lernende bringt Ideen mit in den Unterricht, die vor allem durch *„vorausgehende, sehr persönliche Sinneserfahrungen, Schulbücher und Lehrmaterial, Erklärungen von Eltern, Geschwistern und Lehrern, die Massenmedien, die Alltagssprache und die Kultur beeinflusst und geprägt“* (Reinfried 2006, S. 38) sind. Auch alltagssprachliche Formulierungen, die fälschlicherweise genutzt werden, wie z.B. „der Strom wird verbraucht“ oder „die Sonne geht auf“ haben einen Einfluss auf die Entstehung von Präkonzepten (Möller 2010). Vorstellungen basieren demnach auf Erfahrungen und sind Kognitionen zu einem Phänomen, die von der jeweiligen Person als wahr angesehen werden (Duit 1995, Baalman 2004).

Schülerinnen und Schüler können in ihren Vorstellungen sowohl Fehlvorstellungen, als auch wissenschaftliche Vorstellungen bzw. Teilaspekte davon verankert haben (Krüger 2007). Wissenschaftliche Vorstellungen sind solche Vorstellungen, die aktuell in den Wissenschaften als gültig angesehen werden und auf Erkenntnissen beruhen, die mit wissenschaftlich anerkannten Methoden gewonnen wurden. Für den Lernenden sind die eigenen Vorstellungen sehr stabil und somit subjektiv korrekt, da sich diese im Alltag bewährt haben (Gropengießer 2003). Die aktive, individuelle Konstruktion der Vorstellungen basiert auf bereits vorhandenen Vorstellungen und immer in einem sozialen Kontext (Duit 1994, Kap 3.1). Wandersee, Mintzes und Novak (1994) beschreiben Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern folgendermaßen: (1) Zunächst kommen die Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichsten Vorstellungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht. (2) Diese Vorstellungen sind nicht alters-, geschlechts-, fähigkeits- oder kulturbedingt. Sie kommen bei jedem Individuum vor. (3) „Lebensweltliche Vorstellungen“ sind sehr widerstandsfähig gegenüber wissenschaftlich korrekten Vorstellungen. (4) Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ähneln oft denen aus der Frühphase der Wissenschaften (bspw. Lamarck, siehe Kap. 3.8.1) (5) und sind geprägt vom sozialen Umfeld des Einzelnen (Wandersee et al. 1994).

Vorstellungen können zudem sehr unterschiedlich in ihrer Komplexität sein. Durch die erweiterte Taxonomie nach Bloom (Anderson und Krathwohl 2001) können Vorstellungen auf sechs unterschiedlichen kognitiven Ebenen mit anwachsender Komplexität vorhanden sein: Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren, begründet Einschätzen und Kreieren (Beniermann et al. 2014). Ursprünglich sollte diese Taxonomie dazu dienen, Lernziele in Abhängigkeit von der Komplexität des Wissens zu gliedern. In der erweiterten Taxonomie nach Bloom wird jede Ebene untergliedert in Fakten-, Begriffs-, prozedurales und metakognitives Wissen (Anderson und Krathwohl 2001).

Das Erinnern ist die basale Ebene der Vorstellungen und dient somit als Reproduktion von Wissen, wobei diese Vorstellungen sowie alle darauf aufbauenden falsch oder wissenschaftlich nicht anerkannt sein bzw. falsche Teilaspekte beinhalten können (Beniermann et al. 2014). Komplexer ist die zweite Ebene, das Verstehen. Hier geht es nicht mehr ausschließlich um das Reproduzieren von Wissen, sondern um die Erklärung von Sachverhalten und die Verknüpfung von neuem wissenschaftlich korrektem Wissen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen (Beniermann et al. 2014). Eine Transferleistung ist erforderlich für die dritte Ebene der Vorstellungen, denn hier werden alle Arten von Wissen (s.o.) genutzt und/oder ausgeführt (Beniermann et al. 2014). Das Analysieren als vierte Ebene bedeutet, dass Wissen gegliedert und die einzelnen Bestandteile in Beziehung zueinander gesetzt werden können (Anderson und Krathwohl 2001). In der fünften Ebene, dem begründeten Einschätzen, geht es um den Vergleich bzw. das Bewerten von Wissen, welches sich an klar definierten Kriterien und Standards orientiert (Anderson und Krathwohl 2001). Die komplexeste Ebene ist das Kreieren von Wissen. Dabei geht es darum, vorhandenes Wissen zu ergänzen bzw. so zusammzusetzen, dass Neues entsteht (Anderson und Krathwohl 2001). Das Neue bezieht sich in diesem Fall nur auf das Individuum, welches über diese Vorstellungen verfügt. Auf allen Ebenen dieser Taxonomie kann es Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern geben, da diese Vorstellungen Wissen enthalten können, welches als nicht korrekt angesehen wird.

Jedweder Unterricht beinhaltet assimilierendes und akkommodierendes Lernen, also auf der einen Seite Dazulernen und auf der anderen Seite Umlernen (Weitzel 2010a). Auch weitere Thesen zu Vorstellungen von Wandersee et al. (1994) bestätigen dies: (7) Durch die Präsentation von wissenschaftlich korrektem Wissen im Unterricht und der Verknüpfung der

unterschiedlichen Vorstellungen auf der Seite der Schülerinnen und Schüler entstehen vielfältige Lernergebnisse. (8) Vorstellungsändernde Vermittlungsformen können effektive Werkzeuge sein. Dadurch und durch die Anwendung der erweiterten Taxonomie nach Bloom ergeben sich Folgen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei spielt die Wissenschaftsorientierung des Unterrichts, also die Vermittlung von wissenschaftlichen Vorstellungen, eine große Rolle: Jedweder Unterricht sollte nicht nur die Ziele und Methoden von Wissenschaften vermitteln, sondern muss auch zu einem kritischen Denken anregen (Graf 2006). Fehlerhafte Vorstellungen, oftmals lernhinderlich sind, können nicht beseitigt werden, indem Lernende nur auf Fehler hingewiesen werden (Graf und Hamdorf 2011). In einem wissenschaftsorientierten Unterricht ist es relevant, dass den Lernenden klar wird, *„dass das Erklärungspotential ihrer eigenen Vorstellungen für den neuen Sachverhalt begrenzt ist und mit einigen Fakten im Widerspruch steht“* (Graf und Hamdorf 2011, S. 27). Nur so ist es möglich, dass ein Übergang von vorunterrichtlichen Vorstellungen hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen erfolgen kann.

3.3 Conceptual Change

Um einen Übergang von Fehlvorstellungen zu wissenschaftlich anerkannten Vorstellungen zu schaffen, müssen die Vorstellungen der Lernenden in den Unterrichtsprozess eingebunden werden. Wissen kann nicht einfach vom Lehrenden auf die Schülerinnen und Schüler transferiert werden (Riemeier 2007). Die Konstruktion von vorunterrichtlichen zu fachlich korrekten Vorstellungen wird als Konzeptwechsel bzw. Conceptual Change bezeichnet (Weitzel 2010b). Ein solcher Wechsel ist nicht einfach, da sich die Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler als sehr stabil zeigen und oftmals resistent gegenüber neuen Sichtweisen sind. Ein möglicher Konflikt zwischen der vorhandenen und der wissenschaftlichen Vorstellung wird oftmals von Schülerseite ausgeblendet, so dass entweder alte Fehlvorstellungen bestehen bleiben und neue nicht angenommen werden oder aber, dass beide parallel existieren und dann ausschließlich in den entsprechenden Kontexten verwendet werden (Max 1997). Das Wissen aus der Schule bekommt dadurch einen *„künstlichen Charakter und verliert durch den nicht erkennbaren Alltagsbezug an Sinn und Bedeutsamkeit für den Schüler“* (Max 1997, S. 67). Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) haben eine Theorie aufgestellt, um diesen Konflikt aufzugreifen, die Conceptual-Change Theorie. Dafür haben sie vier grundlegende Bedingungen aufgestellt, damit ein Konzeptwechsel erfolgen kann:

1. Die Lernenden müssen mit ihren vorhandenen Fehlvorstellungen *unzufrieden* sein, also keine hinreichende Antwort auf eine Frage finden können.
2. Die Lernenden müssen die neuen Vorstellungen als *verständlich* ansehen. Die alte Fehlvorstellung muss also an Sicherheit verlieren, denn dann erst können Schülerinnen und Schüler die neue Vorstellung als ansatzweise verständlich aufnehmen.
3. Die neue Vorstellung muss den Lernenden *plausibel* erscheinen. Sie muss den Sachverhalt besser erklären können als die bisher vorhandene Fehlvorstellung; dann erst wird die Möglichkeit zur Beantwortung einer Frage durch die neue Vorstellung in Betracht gezogen.
4. Die neue Vorstellung muss *fruchtbar* in der Anwendung sein und Aspekte mitbringen, damit sie auf andere Fragestellungen ausweitbar ist.

(Strike und Posner 1992)

Diese Theorie wird stark kritisiert, da sie nur auf der kognitiven Ebene beruht und motivationspsychologische Aspekte (z.B. Wünsche, Ziele, Motivation und Bedürfnisse) oder bspw. die Lernumgebung oder -situation nicht berücksichtigt (Pintrich, Marx und Boyle 1993, Caravita und Halldén 1994, Krüger 2007). Diese ursprünglich radikalkonstruktivistische Theorie wurde daher erweitert und der Begriff „Conceptual Reconstruction“ als passender dargestellt, da die Veränderung von Wissen als eine Rekonstruktion von Vorstellungen anzusehen ist (Krüger 2007). Der Lerngegenstand sollte in für Schülerinnen und Schüler relevante Situationen eingebettet sein und neu zu lernendes Wissen sollte mit bereits Vorhandenem verknüpft werden (Riemeier 2007). Inhalte müssen also aus verschiedensten Perspektiven betrachtet und daraus Lernangebote geplant und umgesetzt werden. Mit solchen Erweiterungen ist die Conceptual Reconstruction Ausgangspunkt vieler Konzepte zur Veränderung von Vorstellungen und zur Optimierung von Lehr-Lern-Prozessen (Krüger 2007).

So hat z.B. Möller (2010) drei Strategien zur Veränderung von Fehlvorstellungen entwickelt. Sie beschreibt *Konfliktstrategien*, *Anknüpfungsstrategien* und *Brücken-Strategien*. Durch *Konfliktstrategien* sollen die Lernenden in kognitive Konflikte gebracht werden und ihnen die Grenzen der eigenen Fehlvorstellungen aufgezeigt werden. Wenn Überschneidungen zwischen alltäglicher Vorstellung und wissenschaftlich korrekter Vorstellung bestehen, so kann die *Anknüpfungsstrategie* genutzt werden, bei der genau diese Überschneidungen als Anknüpfungspunkte genutzt werden, um die vorhandenen Vorstellungen zu erweitern. Die

Brücken-Strategie nutzt die Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler erst bei der Reflexion der neuen Vorstellungen. Nach der Erarbeitung der wissenschaftlichen Sichtweise wird diese mit den alten Vorstellungen verglichen, um so eine Festigung dieser im Vorfeld zu verhindern (Möller 2010).

Die Bedeutung der alltäglichen Vorstellungen von Lernenden bei der Entwicklung von Lernangeboten wird durch die Conceptual Reconstruction sowie die Strategien von Möller (2010) deutlich. Die Grundidee, Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern bei der Planung von Lernangeboten zu nutzen, findet man in dem Modell der didaktischen Rekonstruktion wieder.

3.4 Didaktische Rekonstruktion

Schon Ausubel (1968) war sich der Tatsache bewusst, dass Lernerperspektiven bzw. Fehlvorstellungen von Lernenden eine Grundlage der Unterrichtsplanung sind. *„The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.“* (Ausubel 1968, S. vi). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion schafft genau diese Möglichkeit. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sowie die wissenschaftliche Vorstellung tragen in diesem Modell gleichermaßen zu einer effektiven didaktischen Strukturierung eines Lernangebotes bei (Kattmann 2015). Um ein Lernangebot didaktisch zu strukturieren, steht die fachliche Klärung zunächst im Vordergrund, bevor dann die Lernerperspektiven erfasst werden. Die fachliche Klärung besteht aus der kritischen Analyse wissenschaftlicher Inhalte, denen eine Vermittlungsabsicht zugeschrieben wird. Dabei ist es wichtig, nicht nur aktuelle Untersuchungen zu analysieren, sondern diese mit historischen Forschungen und Daten in Verbindung zu bringen und evtl. davon abzugrenzen (Kattmann 2007).

Das Erfassen der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler ist eine *„empirische Untersuchung von individuellen Lernprozessen, wobei vor allem Lernbedingungen, Lernvoraussetzungen, lebensweltliches Wissen, lebensweltliche Vorstellungen und Interessen berücksichtigt werden“* (Spörhase-Eichmann 2010a, S. 21). In der didaktischen Strukturierung werden die wissenschaftliche Vorstellung sowie die Vorstellungen der Lernenden miteinander verglichen und rekursiv behandelt (Kattmann 2007, Weitzel und Gropengießer 2009) (Abb. 1).

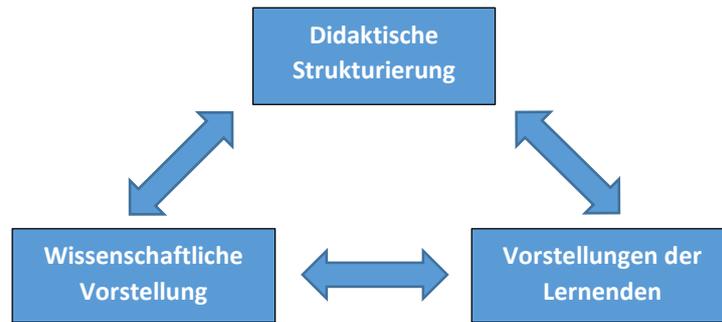


Abbildung 1: Modell der didaktischen Rekonstruktion; verändert nach Kattmann et al. (1997)

Durch diese rekursive Betrachtung der verschiedenen Vorstellungen entsteht ein Lernangebot, das sich positiv auf den Lernzuwachs auswirken soll (Weitzel 2006). Ein solches Lernangebot eignet sich dann als Grundlage für einen angestrebten Konzeptwechsel (s. Kap. 3.3).

3.5 Fachdidaktische Entwicklungsforschung

Immer wieder wird im Bereich der Bildungsforschung beanstandet, dass in der fachdidaktischen Forschung zu wenig Bezug zur Unterrichtspraxis herrscht (Prediger, Link, Hinz, Hussmann, Ralle und Thiele 2012). Das Ziel der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung ist es, diese Kluft zwischen Theorie (Grundlagenforschung) und Praxis (Anwendungsforschung) zu überwinden und durch wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung Angebote für Lernende zu schaffen und zu optimieren (Prediger 2010, Prediger et al. 2012). Dabei sind international verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Bezeichnungen, u.a. „Design Research“ (van den Akker, Gravemeijer, McKenny und Nieveen 2006), „Design-Based Research“ (Barab und Squire 2004), „Educational Research“ (Burkhardt 2006) oder „Entwicklungsforschung“ (Einsiedler 2011b), entwickelt worden (Link 2012). Alle Modelle weisen Gemeinsamkeiten bei der Vorgehensweise auf. Van den Akker et al. (2006) nennen dafür fünf wesentliche Punkte, die bei allen Modellen auftreten sollten:

1. Die Erprobung des Designs in einem praxisnahen Feld unter realistischen Bedingungen („interventionist“)
2. Design, Evaluation und Überarbeitung bauen aufeinander auf und bilden einen iterativen Erhebungszyklus („iterative“).
3. Eine Analyse der Lernprozesse und der Forschungsprozesse („process oriented“)
4. Das Design ist lebensweltorientiert und praxistauglich. („utility oriented“)
5. Die Lernangebote basieren auf Theorien und empirischen Daten („theory oriented“).

Im Dortmunder Modell der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung wurden diese Punkte aufgegriffen und zu einem Zyklus abgeleitet (Abb. 2).

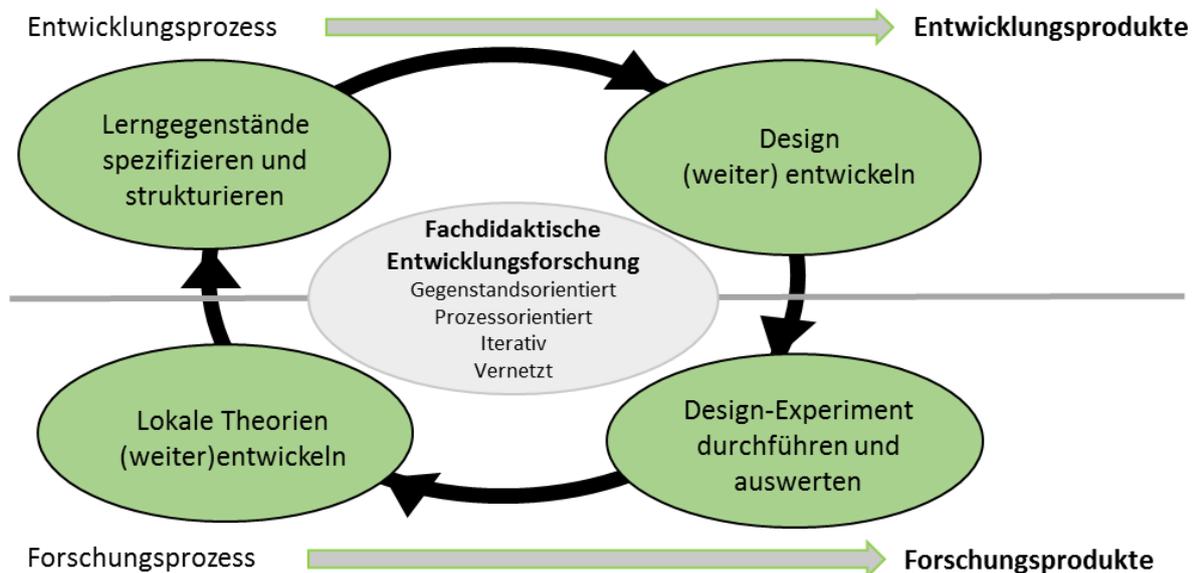


Abbildung 2: Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell; verändert nach Prediger et al. (2012)

Als Ausgangspunkt wird hier die „Spezifizierung und Strukturierung des Lerngegenstandes“ angeführt. Dabei sollen fachliche und didaktische Hintergründe, Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern sowie die zu erreichenden Lernziele als Grundlage genutzt werden. Im zweiten Schritt „Design (weiter) entwickeln“ werden Methoden, Lehr-Lernmittel und Lernaktivitäten konzipiert, um typische Lernhürden für Schülerinnen und Schüler zu überwinden (Prediger et al. 2012). Diese beiden Schritte beschreiben den Weg des Entwicklungsprozesses, da hier ein erstes „Lehr-Lernarrangement“ entwickelt wird. Dieser Prototyp wird nun im dritten Schritt „Design-Experimente durchführen und auswerten“ mehrfach getestet. Dabei werden die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler erhoben und analysiert, um zu überprüfen, ob diese mit den zuvor angenommenen Zielen des Lernarrangements stimmig sind. Im vierten Schritt werden durch die vorherige Dokumentation der Ergebnisse lokale Theorien abgeleitet bzw. entwickelt, die nun wieder als „erweiterte Grundlage für den nächsten Durchlauf im Entwicklungsforschungszyklus“ (Prediger et al. 2012, S. 455) genutzt werden können. Folglich gliedert sich das Vorgehen in diesem Modell in den Entwicklungsprozess (spezifizierte und strukturierte Lerngegenstände, Design-Prinzipien und Lehr-Lernarrangements) und den Forschungsprozess (Lokale Theorien zu gegenstandsspezifischen Lehr- und Lernprozessen).

Das iterative Verfahren führt schrittweise zu Produkten auf der Entwicklungs- und der Forschungsebene. Als Forschungsprodukte entstehen ausführliche und empirisch geprüfte lokale Theorien zu den Lehr-Lernprozessen im entwickelten und erprobten Lehr-Lernarrangement, welches das Entwicklungsprodukt darstellt (Prediger et al. 2012). Komorek und Prediger (2013) haben aufgezeigt, dass dieses Verfahren in mehreren Fachdidaktiken (z.B. Mathematik, Sport und Biologie) Anklang gefunden hat, als nützlich angesehen und umgesetzt wird. Auch wird klar ersichtlich, dass es ein aufwendiges aber wirksames Verfahren ist, um Grundlagen- und Anwendungsforschung zu verknüpfen.

Nach diesem Modell und in Anlehnung an die didaktische Rekonstruktion wird in der vorliegenden Arbeit ein computerbasiertes Lernarrangement zur evolutiven Anpassung entwickelt und erforscht.

3.6 Bedeutung der Evolution

„*Nothing in biology makes sense except in the light of evolution*“ (Dobzhansky 1973, S.125). Diese weitestgehend selbsterklärende Aussage verdeutlicht, dass die Evolution das zentrale Thema der Biologie ist. Sie verbindet alle Teilwissenschaften der Biologie miteinander und hat somit eine maßgebliche Bedeutung für das Gesamtverständnis der Lehre vom Leben, da sie die stammesgeschichtliche Entwicklung aller Lebewesen, deren Umwandlungen und die Entstehung neuer Arten beschreibt (Pohl-Apel 2000). „*Wer Evolution nicht versteht, versteht auch Biologie nicht*“ (Graf 2009, S.3). Durch den evolutionsbiologischen Unterricht wird auch die Geschichte des Lebens auf der Erde vermittelt, womit die Zusammenhänge zwischen Lebewesen und damit einhergehenden Veränderungen in der Umwelt erst verständlich gemacht werden können (Kattmann 1995). Futuyma (2013) beschreibt explizit, dass Evolution die Erkenntnis über die Bedeutsamkeit der Erhaltung der heutigen Artenvielfalt und der Verantwortung, die hieraus für menschliches Handeln abzuleiten ist, fördert. Die Wertschätzung aller Lebewesen kann somit durch das Verstehen von Evolution begünstigt werden. Die Bewertung des Gefährdungspotentials invasiver Neobiota kann dadurch ebenfalls gefördert werden. Weitere gesellschaftliche Bedeutungen zeichnen sich in der landwirtschaftlichen Ertragsoptimierung, der Arzneientwicklung (z.B. Resistenzbildungen) und dem Problem der Überfischung der Weltmeere ab (Futuyma 2013).

Evolution findet vielfache Thematisierung in verschiedensten gesellschaftlichen Lebensbereichen: zum Beispiel die Ernennung des Jahres 2009 zum „Darwin-Jahr“, das

Programm „Evolution“ des Kabarettisten Vince Ebert oder die CD „Endless Forms Most Beautiful“ der finnischen Musikgruppe Nightwish, an der Richard Dawkins mitgewirkt hat. Auch im Bereich der immer stärker werdenden (politischen) Diskussion um vermeintliche Unterschiede verschiedener ethnischer Gruppen und ihrer Abstammungs- bzw. Verwandtschaftsverhältnisse ist ein grundlegendes Verständnis von Evolution unabdingbar.

Trotz der immensen gesellschaftlichen Bedeutung der Evolutionstheorie wird sie nach wie vor von großen Teilen der Bevölkerung abgelehnt (Graf 2009, Lammert 2012). In Deutschland sind es 30% der Bevölkerung, die die Tatsache Evolution nicht akzeptieren. 7% der angehenden Lehrerinnen und Lehrer mit dem Fach Biologie lehnen die Wissenschaftlichkeit der Evolution ab (Graf 2009). Lammert (2012) zeigt, dass diese Ablehnung im Zusammenhang mit dem Verständnis von Wissenschaft und dem Verstehen von Evolution steht. Gerade die Personengruppe der Lehrenden in der Schule hat einen großen Einfluss auf die Schülerinnen und Schüler und kann durch ein unzureichendes Verständnis von Wissenschaft und Evolution Fehlvorstellungen bei Schülerinnen und Schülern hervorrufen. Da die Evolution viele Verknüpfungspunkte zur Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler aufweist, ist es unerlässlich, dieses Thema wissenschaftlich korrekt zu thematisieren, um somit den Fehlvorstellungen entgegenzuwirken.

3.7 Vorstellungen zur evolutionären Anpassung

Schülerinnen und Schüler kommen nicht als „*unbeschriebene Blätter in den Unterricht*“ (Monetha 2009, S.19), sondern bringen viele Vorkenntnisse, Vorstellungen, Einstellungen und Denkstrukturen mit (Duit 1992, s. Kap. 3.1). Dieser Grund und die Bedeutsamkeit des Themas Evolution haben maßgeblich dazu beigetragen, dass sich die biologiedidaktische Forschung mit alltäglichen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern in Bezug auf wissenschaftliche Vorstellungen zum Thema Evolution beschäftigt. Es gibt zahlreiche nationale und internationale Studien, die sich mit der Erhebung dieser Vorstellungen beschäftigen (Brennecke 2015). Die Herkunft der Fehlvorstellungen ist im Detail von Lerner zu Lerner unterschiedlich, aber dennoch gibt es zwei wichtige, spezielle Entstehungszusammenhänge: unsere Erfahrung und unsere Sprache (Weitzel 2010b, s. Kap. 3.1 und 3.2). Lernen erfolgt erfahrungsbasiert (Gropengießer 2007), also durch „*Erfahrungen mit der eigenen Wahrnehmung, der Körperbewegung im Raum, dem Umgang mit Objekten und Menschen in unserer Umgebung*“ (Zabel 2009, S. 25). Das alltägliche Verständnis des Wortes „Anpassung“

ist nicht deckungsgleich mit dem Verständnis aus biologischer Sicht. Weitzel (2006) beschreibt, dass mit dem Verb „anpassen“ in der Logik der Gesellschaft zwei Gegenstände in einem handwerklichen Prozess in eine Beziehung gesetzt werden. Er beschreibt dies anhand der Gegenstände „Pferdehuf“ und „Hufeisen“. Das Hufeisen soll an den Pferdehuf angepasst werden, und das ist somit ein absichtsvoller und zielgerichteter Prozess. Zabel (2009) stellte fest, dass eine subjektive Sichtweise auf einen Lerngegenstand und die persönliche Bedeutung dessen unter bestimmten Bedingungen lernförderlich sind. Das *„Potential an Sinnerleben und eine vertiefte Verbindung zwischen fachlichen und lebensweltlichen Vorstellungen“* (Zabel 2009, S. 311) stellen einen wichtigen Ansatzpunkt für die Erfassung und die unterrichtliche Nutzung von alltäglichen Vorstellungen dar. Bisher wurden viele verschiedene Vorstellungen zur evolutionären Anpassung erfasst und kategorisiert. Die prominentesten nachgewiesenen Vorstellungen sind finalistische, lamarckistische, anthropomorphe und typologische, wobei die beiden Erstgenannten in den meisten Untersuchungen überwiegen (Lammert 2012, Fenner 2013).

Finalistische Vorstellung

Finalistische Vorstellungen oder auch teleologische Vorstellungen betonen eine mechanistische Betrachtungsweise, die die Ursache einer Tatsache mit ihren Wirkungen vertauscht (Hamann und Asshoff 2014). So wird bei dieser Vorstellung davon ausgegangen, dass es einen zielgerichteten Anpassungsprozess gibt, der bei Lebewesen von inneren Bedürfnissen oder durch Umweltbedingungen gesteuert wird (Smith 2010). Das entwickelte Merkmal bzw. die Eigenschaft ist ein Zustand, den es zu erreichen gilt (Fenner 2013). Diese Anpassung unterliegt dem Willen des Lebewesens oder einer höheren Instanz (Lammert 2012).

Lamarckistische Vorstellung

Diese Vorstellung entstammt der Evolutionstheorie des französischen Biologen Lamarck (Kampourakis und Zogza 2007). Dieser illustrierte am Merkmal der Länge des Giraffenhalses, dass Organismen vor dem Hintergrund von sich verändernden Umweltbedingungen bewusst ihre bisherigen Gewohnheiten verändern und somit durch den Gebrauch oder Nicht-Gebrauch von Organen diese verändern (Hamann und Asshoff 2014). Lamarck betrachtete solche Körpermodifikationen zudem als vererblich (Wandersee, Good und Demastes 1995). Diese

Form der Anpassung wurde ausschließlich für Tiere beschrieben, da Pflanzen keine Tätigkeiten ausführen (Weitzel 2006).

Anthropomorphe Vorstellung

Überträgt der Lernende menschliche Eigenschaften, Emotionen und moralische Kategorien auf andere Organismen und Gegenstände, so spricht man von einer anthropomorphen Vorstellung (Johannsen und Krüger 2005, Hammann und Asshoff 2014). Somit werden Organismen als selbständig handelnde Akteure gesehen, die sich zweck- und zielgerichtet evolutionär anpassen (Hammann und Asshoff 2014) und eine Erkenntnis über eine vorhandene Unangepasstheit haben (Fenner 2013).

Typologische Vorstellung

Bei dieser Vorstellung wird angenommen, dass keine nennenswerte Variation innerhalb einer Population vorliegt (Graf und Hamdorf 2011) und dass eine Art eine Einheit ist, die sich gleichförmig entwickelt (Fenner 2013). Mayr (1979) bezeichnet diese Vorstellung auch als Essentialismus, da ihr zugrunde liegt, dass sich alle Lebewesen aufgrund von speziellen Zugehörigkeiten in klar abgegrenzte Kategorien- und Klassensysteme gruppieren lassen.

Diese Vorstellungen wurden in unterschiedlichsten Studien zur Vorstellungsforschung nachgewiesen (z.B. Greene 1990, Jensen und Finley 1996, Baalman, Frerichs, Weitzel, Gropengießer und Kattmann 2004, Johannsen und Krüger 2005, Lammert 2012, Fenner 2013). So zeigte Lammert (2012), dass über 50% der befragten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 9 und 10 lamarckistische oder finalistische Vorstellungen vertreten. Fenner (2013) bestätigte die Dominanz dieser Vorstellungen mit ihrer Interventionsstudie bei 5. und 6.-Klässlern. Anthropomorphe Vorstellungen wurden von Johannsen und Krüger (2005) bei einer Untersuchung in der Oberstufe nachgewiesen. 25% dieser Schülerinnen und Schüler argumentierten so. Neben finalistischen und lamarckistischen Vorstellungen konnte Greene (1990) vor allem typologische Denkweisen bei vielen Studierenden seiner Studie erkennen.

Neben diesen verschiedenen „prominenten“ Fehlvorstellungen gibt es weitere Fehlvorstellungen zur evolutionären Anpassung, die spezifischer und kleinschrittiger sind. So hat Weitzel (2006) Ergebnisse von nationalen und internationalen Studien zusammengefasst und die Fehlvorstellungen von Lernenden aus Schule und Universität in einem Raster zusammengetragen. Diese Fehlvorstellungen hat er in drei Hauptkategorien geordnet:

„Voraussetzungen für Anpassung“, „Vorgang und Eigenheiten von Anpassung“ und „Anpassung und Genetik“ (Weitzel 2006). So wird bspw. in der zweiten Kategorie „Vorgang und Eigenheiten von Anpassung“ nicht nur auf ein allgemeines zielgerichtetes Verhalten von Lebewesen eingegangen, sondern es werden mehrere verschiedene finalistische Vorstellungen beschrieben. Diese detaillierteren Beschreibungen innerhalb der Hauptkategorien werden mit allen prominenten Fehlvorstellungen durchgeführt (Weitzel 2006). Noch detaillierter hat Brennecke (2015) die Fehlvorstellungen in ihrer Arbeit anhand eines Kategoriensystems auf Grundlage von Schülerinterviews (Jgst. 7) definiert. Die Fehlvorstellungen wurden von ihr in sechs Hauptkategorien mit mehreren Unterkategorien zugeordnet:

Zeitliche Dimension

Die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur zeitlichen Dimension der evolutionären Anpassung werden in sechs Kategorien zusammengefasst. So haben Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass die Entwicklung von Merkmalsausprägungen entweder innerhalb des Lebens eines Individuums, innerhalb von mehreren Generationen, in Jahrzehnten, in Jahrhunderten, in Jahrtausenden oder in Jahrmillionen stattfindet (Brennecke 2015).

Entwicklungsebene

In dieser Hauptkategorie beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Entwicklung bzw. Anpassung entweder auf der Populationsebene, also ausgehend von mehreren Individuen, oder aber anhand eines Individuums auf der Individualebene (Brennecke 2015).

Angepasstheit

Mit der Angepasstheit ist die zurzeit vorhandene Merkmalsausprägung von Organismen gemeint, die sich durch die Mechanismen der Evolution entwickelt hat. Die Lernenden können eine Merkmalsausprägung entweder mit oder ohne deren Funktion oder aber nur die Funktion erkennen bzw. nennen. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler ein Verhalten von Organismen als Angepasstheit beschreiben oder aber Gründe für die Merkmalsausprägung angeben (Brennecke 2015).

Gründe bzw. Auslöser der Anpassung

In acht Kategorien lassen sich die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu den Gründen und Auslösern der Anpassung definieren. Die Begründung der Anpassung kann durch Lebensbedingungen, Feinde und Konkurrenten, den Lebensraumwechsel, verändernde Lebensbedingungen, Zellveränderung und Hormone, Vor- und Nachteile, Perfektion oder durch Notwendigkeit beschrieben werden (Brennecke 2015).

Entwicklungsprozess

Der Prozess der Entwicklung bzw. Anpassung wird von den Schülerinnen und Schülern in zwei Handlungsrichtungen dargestellt, entweder als aktive oder als passive Anpassung. Die Schülervorstellungen zum Entwicklungsprozess sind in acht Kategorien definiert. In der Kategorie „weiß nicht“ äußern die Lernenden ihre Unwissenheit. „Keine Entwicklung“ beschreibt, dass die Schülerinnen und Schüler davon ausgehen, dass keine Entwicklung im evolutiven Sinne stattgefunden hat. Die Angepasstheit ist somit immer vorhanden. Durch die „Ontogenese“ wird die Entwicklung eines Organismus im Laufe des Lebens beschrieben. Der Prozess kann zudem dadurch erklärt werden, dass sich etwas „einfach entwickelt hat“ oder dass es eine „graduelle Entwicklung“ gab, also eine Entwicklung in kleinen Schritten. Auch eine lamarckistische („Gebrauch von Organen“) und eine finalistische („zielgerichtete Anpassung“) Begründung der Anpassung sind in dieser Kategorie aufgelistet. Zudem erklären Schülerinnen und Schüler, dass die Eigenschaften vererbt werden können („Vererbung“) oder dass „genetische Veränderungen“ zur Anpassung führen (Brennecke 2015).

Variation

Die Schülerinnen und Schüler haben die Vorstellung, dass es keine Variation zwischen Individuen einer Art gibt, oder dass die Individuen einer Art unterschiedlich sind. Also haben sie entweder ein „typologisches Denken“ oder ein „Populationsdenken“ (Brennecke 2015).

Brennecke (2015) beschreibt in ihrer Arbeit, dass die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern unterschiedlich differenziert sind (Brennecke 2015, S. 95). Das bedeutet auch, dass jeder Lernende mit individuellen Vorstellungen in den Unterricht kommt. Weiter betont Brennecke (2015), dass es unerlässlich ist, genau diese unterschiedlichen Vorstellungen in einer Lerngruppe zu nutzen und die Inkonsistenz der Vorstellungen als Ansatzpunkt für Lernarrangements zu nutzen. In der vorliegenden Arbeit werden Vorstellungen aufgrund der

Differenziertheit als Vorstellungsgefüge definiert. Eine Vorstellung kann demnach aus mehreren Teilvorstellungen bestehen.

3.8 Diagnose von Vorstellungen

Das Erheben von vorunterrichtlichen Vorstellungen ist ein Teil der Diagnostik, welche sich allgemein mit der *„Gewinnung und Analyse von Kennwerten für [...] individuelle Merkmalsunterschiede an Personen“* (Langfeldt und Tent 1999, S.14) beschäftigt. Der Begriff Diagnose beschreibt das Ergebnis der diagnostischen Tätigkeit (Langfeldt und Tent 1999). Neben den vorunterrichtlichen Vorstellungen können auch der Prozess des Lernens und die Lernergebnisse diagnostiziert werden (Weinert 1997). Alle diagnostischen Tätigkeiten haben das Ziel, *„den Fähigkeits- oder Wissensstand eines Schülers oder einer Schülerin möglichst genau einzuschätzen“* (Harms 2016, S.3). Durch diese Einschätzung können Unterrichtsinhalte oder Lernarrangements nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion strukturiert werden (Kattmann 2007). Neben der Strukturierung der Lerninhalte sollte zusätzlich der nachfolgende Lernprozess der Schülerinnen und Schüler im Sinne einer individuellen Förderung unterstützt werden (Hußmann und Selter 2013). Individuelle Förderung ist eng mit der Lernausgangsdiagnose verbunden, und beide sind aufeinander zu beziehen: *„Förderung ohne vorangehende Diagnose erfolgt i.d.R. unspezifisch, Diagnose ohne darauf aufbauende Förderung bleibt häufig wirkungslos“* (Hußmann und Selter 2013, S. 16). Die Diagnose ist somit die zwingende Voraussetzung für eine individuelle Förderung der Lernenden. Nur durch eine geeignete Diagnose von vorunterrichtlichen Vorstellungen können spezifische und individuelle Fördermaßnahmen auf die Schülerinnen und Schüler abgestimmt werden (Helmke 2012).

Fischer et al. (2014) beschreiben acht Aktivitäten des Diagnostizierens, anhand derer Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern erhoben werden können. Im ersten Schritt wird von einer Lehrperson erkannt, dass eine Schülerin oder ein Schüler eine fehlerhafte Antwort gibt. Somit ist das *Problem identifiziert*. Im zweiten Schritt stellt sich der Lehrende die *Frage*, warum ein Lernender einen solchen Fehler macht und entwickelt daraufhin im dritten Schritt *Hypothesen*, um welches Fehlkonzept (z.B. eine teleologische Fehlvorstellung) es sich handelt. Danach werden *Maßnahmen* getätigt, die dazu dienen sollen, dass Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vom Lehrenden analysiert werden. Solche Maßnahmen können Aufgabenstellungen sein, die bereits vorhanden sind, oder aber es werden neue Aufgaben

formuliert. Durch die Bearbeitung ähnlicher Aufgaben werden *weitere Hinweise* zu den Vorstellungen gesammelt. Eine Auswertung der Aufgabenlösungen ermöglicht eine *Beurteilung* der zu Beginn gemachten *Beobachtungen*. Aus dieser Auswertung können *Schlussfolgerungen* über konkrete Vorstellungen bei einzelnen Schülerinnen und Schülern gezogen werden. Diese Erhebung dient nun dazu, dass *Folgemaßnahmen* für die Schülerinnen und Schüler erarbeitet und eingesetzt werden können.

Geeignete Diagnoseinstrumente sind die Voraussetzung für das erfolgreiche Erheben von Vorstellungen. Die Erhebungsformate können dabei entweder offen oder geschlossen sein (Stieler 2011). Bei offenen Formaten, wie z.B. Interviews oder offenen schriftlichen Aufgaben, müssen Schülerinnen und Schüler eigenständig eine Antwort konstruieren, da keinerlei Vorgaben zu der Beantwortung der Aufgabe gegeben sind. Dazu zählen auch sogenannte offene Concept-Maps. Novak und Gowin (1984) nutzten diese „Begriffsnetze“, um Wissensstrukturen von Lernenden zu diagnostizieren. Dabei sollen Begriffe in Relation zueinander gesetzt werden. Begriffe und Relationen werden bei der offenen Art von Concept-Maps im Gegensatz zur geschlossenen nicht vorgegeben. Auch in der jüngeren Vorstellungsforschung werden Concept-Maps häufig genutzt (vgl. Ley 2015). Bei geschlossenen Aufgabenformaten hingegen sind Antwortmöglichkeiten vorgegeben, und der Lernende wählt daraus eine oder mehrere Möglichkeiten aus (Lamnek 2005). Geschlossene Aufgabenformate, wie z.B. Multiple-Choice-Instrumente, sind für Lehrerinnen und Lehrer leichter anwendbar als offene, da diese weniger Zeit in Anspruch nehmen und kein zusätzliches Interview-Training erfordern (Treagust 1986). Die Auswertung von offenen schriftlichen Aufgaben oder offenen Concept-Maps wird bis heute kritisch gesehen. Lehrende und Lernende brauchen dafür mehrere Übungsstunden (Fischer, Jelemenská und Graf 2013). Ein weiterer Vorteil von Multiple-Choice-Aufgaben ist die Objektivität bei der Erhebung und der Auswertung der Vorstellungen. Durch eine geeignete computergestützte Auswertung der Daten ist es möglich, ohne großen Zeitaufwand die Vorstellungen der Lernenden zu erheben (Tamir 1991). Evolutive Vorstellungen können z.B. durch Concept Inventories wie CINS (Concept Inventory of Natural Selection, Anderson, Fisher und Norman 2002), MUM (Measure of Understanding Macroevolution, Nadelson und Southerland 2010) oder ACORNS (Assessing Contextual Reasoning About Natural Selection, Nehm, Beggrow, Opfer und Ha 2012) erhoben werden. Darunter wird ein Inventar von Multiple-Choice-Aufgaben verstanden, die zur Diagnose von Vorstellungen entwickelt wurden (Garvin-Doxas und Klymkowsky 2008).

Distraktoren sind dabei bereits erforschte Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern. Alle Formulierungen werden nah an der Sprache der Probandinnen und Probanden gehalten (Fischer 2015). Die Erstellung der Aufgaben erfolgt nicht nur durch die Analyse bereits vorhandener Forschungen auf dem zu untersuchenden Gebiet, sondern bezieht eine weitere Vorstellungserhebung (z.B. durch Interviews oder offene schriftliche Fragen) der Zielgruppe mit ein. Die Aufgaben werden dann durch Interviews mit der Zielgruppe validiert und im Anschluss evaluiert. Dadurch können sie überarbeitet und verbessert werden (Knight 2010). Fischer (2015) hat in ihrer Studie Diagnoseaufgaben im Multiple-Choice-Format aus Concept Inventories auf Konstruktvalidität überprüft, angepasst und festgestellt, dass Schülerinnen und Schüler sich nicht immer für eine Antwortoption entscheiden können sondern mehrere Alternativen in Erwägung ziehen. Daraus wird deutlich, dass Schülerinnen und Schüler eine Kombination aus alltäglichen und wissenschaftlichen Teilvorstellungen vertreten können (Fischer 2015). Andere Studien zeigten eine Inkonsistenz bei den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler auf (Demastes, Good und Peebles 1996, Southerland, Abrams, Cummins und Anzelmo 2001, Shtulman 2006, Lammert 2012). Daher ist es nach der Entwicklung bzw. Entscheidung für geeignete Maßnahmen relevant, dass die Lernenden weitere Aufgaben zu diesem Themengebiet (in dieser Studie: evolutive Anpassung) bearbeiten (Fischer et al. 2014). Auch Brennecke (2015) beschreibt in ihren Ergebnissen, dass es sinnvoll ist, mehrere Aufgaben und vor allem für die Lernenden bekannte und unbekannte sowie botanische und zoologische Beispiele einzusetzen. Dadurch kann die Inkonsistenz der Vorstellungen genutzt werden, *„um einen kognitiven Konflikt bei den SchülerInnen auszulösen oder Diskussion über den Anpassungsprozess zu fördern“* (Brennecke 2015, S. 125). Durch eine solche Intervention wird nicht nur Vorwissen aktiviert (bekannte Beispiele), sondern es werden auch Vorstellungen auf der Ebene des Verstehens konstruiert (unbekannte Beispiele; Brennecke 2015).

3.9 Interventionsstudien zur Evolution

Immer wieder werden Schwierigkeiten beschrieben, bei denen Lernende zwar kurzfristig die wissenschaftliche Sichtweise anerkennen, sie aber nicht auf längere Zeit verankern. Dies wurde besonders bei Studierenden festgestellt (Demastes 1995, Jensen und Finley 1996, Nehm und Reilley 2007). Somit ist wichtig, dass evolutionäre Grundlagen nicht erst dann gelehrt werden sollten, wenn die Fehlvorstellungen der Lernenden schon verfestigt sind sondern so früh wie möglich (Kampourakis und Zogza 2009). Die Interventionsstudie von

Olander (2008) zeigte auf, dass in der Jahrgangsstufe 9 nach einer Intervention (Evolutionunterricht) verringerte teleologische Erklärungen für die evolutionäre Anpassung von Tieren vorherrschten. Jiménez-Aleixandre (1992) untersuchte bei Schülerinnen und Schülern im Alter von 14 Jahren die Vereinbarkeit von lamarckistischen und darwinistischen Vorstellungen zur natürlichen Selektion. Nur die Gruppen, die zudem über ihre eigenen Fehlvorstellungen diskutiert haben, antworteten im ein Jahr späteren Retest meist darwinistisch. Trotz der erzielten Erfolge bleibt es nicht aus, dass einige Schülerinnen und Schüler auch nach der Intervention keinerlei veränderte oder aber konsistente Vorstellungen haben (Jiménez-Aleixandre 1992, Olander 2008, Brennecke 2015). Diese Studien zeigen, dass eine kurze Intervention meist nicht ausreicht, um konsistente und wissenschaftlich Vorstellungen bei allen Lernenden zu verankern. Evolution sollte demnach immer wieder in allen Klassenstufen aufgegriffen und dem Alter entsprechend vermittelt werden. Daran knüpft die vorliegende Arbeit an. Lernprozesse zur evolutiven Anpassung und natürlichen Selektion von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 sollen durch ein computerbasiertes Lernarrangement untersucht und analysiert werden. Abraham et al. (2009) zeigten, dass Computersimulationen Fehlvorstellungen zur natürlichen Selektion zumindest kurzzeitig reduzieren können, wenn sie geeignet konstruiert sind. Der positive Einsatz eines computerbasierten Lernarrangements konnte auch von Fenner (2013) bestätigt werden. Sie setzte das Programm „EvoDots“ in der 5. Jahrgangsstufe ein, welches zu einem besseren Verständnis von Variation und Selektion führte (Fenner 2013). Um auch längerfristig Erfolge beim Konzeptwechsel zu erzielen, sollten neben der Entwicklung eines Produktes auch Hinweise für den Unterricht gegeben werden (Krüger 2007).

3.10 Computerbasierte Lernarrangements

Das computerbasierte Lernen ist dem Bereich des E-Learnings untergeordnet. *„E-Learning ist der Oberbegriff für alle Varianten der Nutzung digitaler Medien zu Lehr-Lernzwecken, sei es auf digitalen Datenträgern oder über das Internet, etwa um Wissen zu vermitteln, für den zwischenmenschlichen Austausch oder das gemeinsame Arbeiten an digitalen Artefakten“* (Kerres 2013, S.6). Allgemein kann E-Learning mit Hilfe von Lernsoftware als ein System definiert werden, dass *„zeit- und ortsunabhängig Lerninhalte mittels digitaler Medien an Gruppen und Individuen vermittelt“* (Minass 2002, S. 109). Die Wortbedeutung des Terminus „E-Learning“ wird von Sofos und Kron (2010) folgendermaßen erläutert: das „E“ impliziert die Verwendung elektronischer Medien als Kanal zur Inhaltsübertragung, der Bindestrich

veranschaulicht den Transport von Informationen bzw. Lerninhalten und „Learning“ beschreibt die Aufgabe der Person, das Lernen. Bei allen E-Learning-Szenarien, also auch dem computerbasierten Lernarrangement, können z.B. Inhalte präsentiert, komplexe Sachverhalte mit Hilfe von Simulationen und Animationen veranschaulicht, Lehr- und Lernmaterial bereitgestellt und die Kommunikation zwischen Lernenden gefördert werden (De Witt und Czerwionka 2013). Die Hoffnung, dass mit digitalen Medien bessere Lernleistungen erreicht werden können, findet durch die Forschung bislang wenig Unterstützung (Kerres 2013). Dies liegt vor allem auch an dem sogenannten „Neuigkeitseffekt“. Aufgrund der Neuheit eines Mediums im Schulalltag kann die Interessiertheit kurzfristig positiv beeinflusst werden (Graf 2013). Beim empirischen Medienvergleich kann also aufgrund der motivationalen Vorteile neuer Medien der Eindruck entstehen, dass Lernunterschiede zu den traditionellen Medien vorhanden sind. Doch diese Vorteile müssen nicht von Dauer sein (Rey 2009). Darüber hinaus stehen diese Studien in der Kritik, weil sie meistens auf *„Effizienzaspekte des Lernens im Hinblick auf Wissenserwerb, Behaltensleistung oder Lernzeit ab[zielen]. Eine differenzierte Sicht auf Lernwege und andere Prozessvariablen unterbleibt häufig“* (Tudolziecki und Herzig 2010, S. 83).

Nach der konstruktivistischen Sichtweise ist ein computerbasiertes Lernarrangement kein Instrument zur reinen Wissensvermittlung sondern ein Hilfsmittel, um authentische und situative Erfahrungen zu sammeln, bei denen das Individuum selbständig neues Wissen konstruiert (z.B. Dierkes 2015). Gerade mit Hilfe des E-Learnings werden selbstorganisiertes und handlungsorientiertes Lernen besonders unterstützt (De Witt und Czerwionka 2013). Die Lernenden werden durch den Einsatz von E-Learning in ihrer Lebenswelt abgeholt, denn der Umgang mit Smartphones, Notebooks und PCs ist alltäglich für sie. Die positive Grundeinstellung und Offenheit gegenüber diesen Medien bietet die Chance, sie nicht nur als Spielzeug, sondern auch als motivierendes Arbeitswerkzeug zum Lernen anzusehen (z.B. Müller und Serth 2012). Zusätzlich bietet der Einsatz digitaler Medien die Chance, das Medienkompetenzziel der KMK (2012) umzusetzen, indem die Schülerinnen und Schüler den professionellen, kritischen und verantwortungsvollen Umgang mit neuen Medien erlernen. Da der Umgang mit digitalen Medien in der heutigen Arbeitswelt als selbstverständlich angenommen wird, werden die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise für ihren zukünftigen Werdegang angemessen ausgestattet (z.B. Müller und Serth 2012). Ein letzter wichtiger Gesichtspunkt ist die Interaktivität, die mit digitalen Medien einhergehen kann.

Durch die Möglichkeit der Interaktivität können Zusammenhänge und Wirkungen, z.B. auch durch Animationen visualisiert, erfahrbar gemacht werden (Herzig 2008). Zudem können komplexe oder zeitlich lang andauernde Prozesse (z.B. die evolutionäre Anpassung) interaktiv sichtbar gemacht werden, die durch eine direkte Betrachtung nicht möglich wären (z.B. Dörner 1989).

Im Themenbereich „Evolution“ existieren verschiedene computerbasierte Lernarrangements. So z.B. das Spiel „Darwin Rocks!“ (Michiels 2009). In diesem Spiel soll die evolutionäre Entwicklung musikalisch vermittelt werden. Einzelne Töne bilden dabei die „musikalische Ursuppe“. Durch Mutationen klingen die Kinder der Urzelle immer etwas verschieden. Der Spieler ist dabei die Umwelt, der keinen Einfluss auf die Töne und die daraus entstehende Musik hat, sondern der die Lebensbedingungen bestimmt. Was dem Spieler gefällt, oder anders gesagt, was am besten an die Umwelt angepasst ist, überlebt. Mutationen sowie Design oder Schöpfung sind in diesem Spiel nicht möglich (Michiels 2009). Die Intention ist, spielerisch und musikalisch an die Mechanismen und Grundprinzipien der Evolution heranzuführen und diese zu vermitteln (BioRegio STERN 2009).

Ein weiteres Programm zur Vermittlung von Evolutionsmechanismen ist „EvoDots“. Dieses Lernarrangement simuliert eine Population von Tieren, die durch Punkte dargestellt werden. Der Spieler ist dabei der Beutegreifer. Die Punkte bewegen sich über den Bildschirm und der Beutegreifer versucht so viele wie möglich durch Mausklick auf die Punkte zu fressen. Die überlebenden Punkte vermehren sich identisch nach einer gewissen Zeit. Die Ergebnisse werden von dem Programm in einer Datenbank festgehalten. Die Population kann sich so, je nach den Eigenschaften der Punkte, entwickeln oder auch nicht (Herron 2014). Dadurch soll der Mechanismus der natürlichen Selektion vermittelt werden (Fenner 2013). Ein ähnliches Spielprinzip verfolgt „Käfolution“, welches aus „EvoDots“ abgeleitet wurde. In diesem Lernarrangement sind allerdings die Punkte durch Käfer ersetzt worden und es besteht die Möglichkeit für die Nutzer vor dem Spielen einige Einstellungen vorzunehmen. Es kann die Mutationsrate, die Anzahl der Käfer und das zu vererbende Merkmal (Größe, Geschwindigkeit oder Sichtbarkeit) eingestellt werden (Institut für Biologiedidaktik der JLU Gießen o.J.).

Im englischsprachigen Raum gibt es zudem noch das „Evolution Lab“ von NOVA LABS. Hier können interaktiv Stammbäume erstellt und überprüft werden. Videos und Texte liefern Informationen über die einzelnen Organismen, die in den Stammbäumen in Beziehung gesetzt

werden sollen. Das Evolution Lab will das Lesen, Verstehen und Erstellen phylogenetischer Stammbäume schulen und aufzeigen, dass alle Lebewesen der Erde miteinander verwandt sind (Bouquet 2015, Nova Labs 2017).

All diese vorgestellten computerbasierten Lernarrangements dienen der Vermittlung von Wissen über Evolution, Evolutionsmechanismen und Verwandtschaftsbeziehungen.

4 Fragestellungen und Forschungsdesign

Ziel dieser Studie ist es, in einem iterativen Verfahren ein computerbasiertes Lernarrangement zu entwickeln und zu optimieren, das Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Thema „evolutive Anpassung“ erheben kann. Die Erhebung der Vorstellungen soll dabei einfach und nicht zeitaufwendig sein, damit das Programm zur Diagnose im Schulalltag eingesetzt werden kann. Um die Eignung des computerbasierten Lernarrangements als Diagnoseinstrument zu überprüfen wird dazu folgender Fragestellung nachgegangen:

Inwieweit kann das computerbasierte Lernarrangement dazu beitragen, Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu diagnostizieren?

Zusätzlich sollen durch die Auseinandersetzung mit diesem Lernarrangement wissenschaftliche Vorstellungen gefördert und von den Schülerinnen und Schülern konstruiert werden. Im Vordergrund der Arbeit stehen dabei die Evaluation und die Weiterentwicklung des computerbasierten Lernarrangements. Dies soll durch ein zyklisches Testverfahren nach der fachdidaktischen Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell erreicht werden (Prediger et al. 2012, s. Kap. 3.5). Dabei werden die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung des computerbasierten Lernarrangements untersucht. Gerade die Analyse von Lernprozessen kann Aufschluss darüber geben, ob und wie Lernende ihre Vorstellungen begründen, hinterfragen und neu konstruieren (Wolf 2013). Auf Grundlage des Dortmunder Modells wird daher folgende Forschungsfrage untersucht:

Auf welche Weise entwickeln sich die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zum Thema „evolutive Anpassung“ durch die Auseinandersetzung mit dem computerbasierten Lernarrangement?

Durch einen zusätzlichen Prä-Post-Test in Form eines Interviews wird das entwickelte Lernarrangement evaluiert:

Inwieweit ist das computerbasierte Lernarrangement geeignet, um eine Veränderung der Fehlvorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen zu fördern?

Der Prototyp des computerbasierten Lernarrangements wird auf Grundlage der bisher erforschten Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern und im Sinne der didaktischen Rekonstruktion entwickelt. Die Weiterentwicklung ergibt sich aus der o.g. zyklischen

Evaluation. Die Erkenntnisse der Lernausgangs-, Lernprozess- und Lernergebnisanalyse werden in der letzten Forschungsfrage dazu genutzt, das Design des computerbasierten Lernarrangements zu untersuchen.

Welche inhaltliche und didaktische Strukturierung eines computerbasierten Lernarrangements zum Thema „evolutive Anpassung“ trägt dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler in diesem Themengebiet wiss. Vorstellungen konstruieren können?

5 Entwicklung des Prototyps

Im Sinne der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung nach dem Dortmunder Modell ergeben sich in dieser Arbeit zwei zentrale Ergebnisse: zum einen ein computerbasiertes Lernarrangement auf der Entwicklungsebene, welches für den Einsatz mit Schülerinnen und Schülern erprobt wurde und zum anderen empirisch geprüfte lokale Theorien zu den Lehr-Lernprozessen im entwickelten Produkt (Prediger et al. 2012). Zunächst wird in diesem Kapitel der Prototyp des Lernarrangements vorgestellt, anhand dessen die Lernprozesse erhoben wurden, um das Produkt in einem iterativen Verfahren weiterzuentwickeln. Die Entwicklung des Lernarrangements gestaltet sich vor dem Hintergrund der didaktischen Rekonstruktion und der Conceptual Reconstruction (s. Kap. 3.3 und 3.4). Die bereits erforschten und erhobenen Vorstellungen zur evolutiven Anpassung von Schülerinnen und Schülern bilden dabei die Grundlage der Lernerperspektiven (s. Kap. 3.7). Diese bilden die Basis für ein erstes Konstrukt, wie das Lernarrangement aufgebaut sein sollte (Abb. 3).

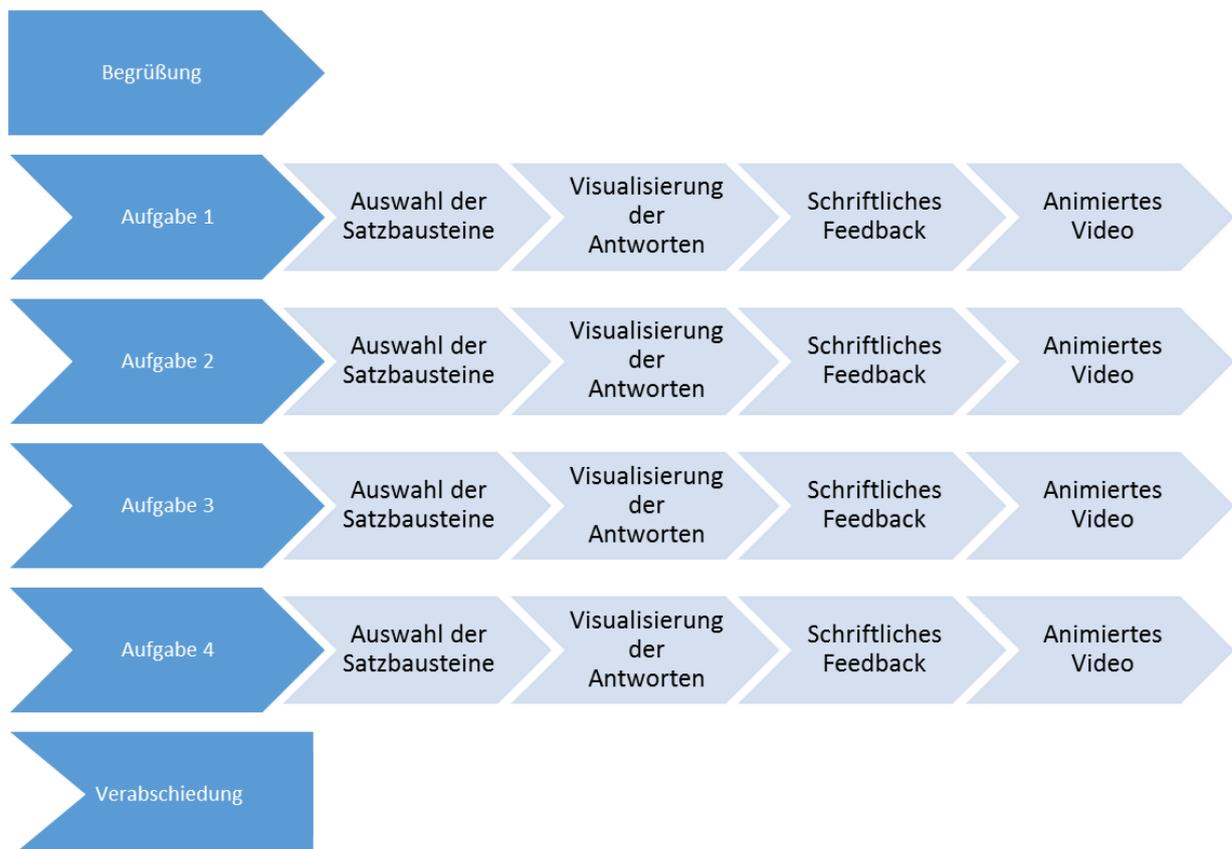


Abbildung 3: Formaler Aufbau des computerbasierten Lernarrangements

5.1 Konzept des computerbasierten Lernarrangements

Die Schülerinnen und Schüler sollen in vier Aufgaben zur biologischen Anpassung mit zoologischen und botanischen Kontexten konfrontiert werden (Kap. 5.2). Brennecke (2015) beschreibt in ihrer Studie, dass es bei der Vermittlung evolutionärer Anpassung essentiell ist, dass sowohl botanische als auch zoologische Beispiele Anwendung finden. In diesem Fall sollen den Schülerinnen und Schülern zunächst die ihnen vermutlich bekannten und im Anschluss die unbekannteren Beispiele angeboten werden. Das hat zur Folge, dass in bekannten Beispielen Vorwissen aktiviert wird und dann auf unbekanntere Beispiele transferiert werden muss (Brennecke 2015).

In jeder Aufgabe werden die Schülerinnen und Schüler zunächst eine Frage gestellt bekommen, bei der es um die Entwicklung oder Veränderung eines Merkmals bzw. einer Eigenschaft und somit um die evolutive Anpassung geht. Durch diese vier inhaltlich verschiedenen Aufgaben sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst ihre Vorstellungen zur evolutionären Entwicklung eines Merkmales aktivieren, reflektieren und im besten Falle - falls notwendig - zur wissenschaftlichen Sichtweise hin umkonstruieren. Eine Datenbank im Hintergrund, die die Aufgabenbearbeitungen der Schülerinnen und Schüler aufzeichnet und speichern wird, ermöglicht den Lehrenden im nachfolgenden Unterricht an die so erhobenen Vorstellungen anzuknüpfen. Die Datenbank speichert die zusammengesetzten Bausteine der Schülerinnen und Schüler als Sätze ab. Die Sätze können den Lernenden klar zugeordnet werden, da neben der Speicherung der Satzbausteine auch der Name der Lernenden abgespeichert wird. Jeder gespeicherte Baustein ist in der Datenbank farblich markiert (grün gelb und rot), so dass die Lehrenden auf einen Blick erkennen können, welche Bausteine richtig, teilweise richtig und falsch sind (vgl. Kap. 5.3, farbliche Markierung Feedback).

Das Lernarrangement basiert auf dem Prinzip „Satzbausteinkasten“. Um eine möglichst facettenreiche und differenzierte Antwort auf die Aufgabenstellung zu geben, wird Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit gegeben, ihre Antworten aus vorgegebenen Satzbausteinen nach subjektiver Plausibilität zu generieren. Die Satzbausteine werden sieben verschiedenen Kategorien zugeordnet (s. Tabelle 1), die sich aus den bereits vorhandenen Vorstellungsforschungen ergeben (s. Kap. 3.7).

Tabelle 1: Die sieben Satzbaustein-kategorien des computerbasierten Lernarrangements

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Entwicklungs- ebene	Gründe und Auslöser der Anpassung	Merkm- mal	Angepasst- heit I	Angepasst- heit II	Begründung der Angepasstheit	Zeitliche Dimension

Jeder Kategorie werden Satzbausteine zugeordnet, aus denen die Lernenden jeweils einen auswählen können. So können die Schülerinnen und Schüler aus Bausteinen zu den verschiedenen Kategorien Sätze zusammenstellen, die die evolutive Anpassung erklären. Die Kategorien werden je eine fachlich angemessene Antwort und einen bis mehrere Distraktoren enthalten, die sich an den in der Vergangenheit ermittelten Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern (s. Kap. 3.7) orientieren. In Kategorie eins (Entwicklungsebene) werden die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit haben, neben der korrekten Antwort, eine typologische Teilvorstellung oder eine Teilvorstellung auf der Individualebene auszuwählen. Die Kategorie zwei wird unter anderem eine anthropomorphe und eine Teilvorstellung zur aktiven Anpassung zur Wahl anbieten. Bei der Auswahl der Angepasstheit (Kategorie vier und fünf) wird sich für die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit ergeben, die Entwicklung der Merkmale finalistisch, anthropomorph oder lamarckistisch zu erklären. Lernen von den Eltern, Lamarckismus und Anthropomorphismus werden sich auch in der Begründung der Anpassung (Kategorie sechs) zeigen. Eine Fehlvorstellung der zeitlichen Dimension zu wählen, wird in der letzten Kategorie möglich sein. Neben den Fehlvorstellungen werden wissenschaftliche Vorstellungen und wissenschaftliche Teilvorstellungen zur Auswahl gegeben. Dadurch wird gewährleistet, dass die Schülerinnen und Schüler ihre individuellen Vorstellungen durch die Satzbausteinwahl generieren können. Da es zu einzelnen Kategorien deutlich mehr Vorstellungen als zu anderen gibt (Brennecke 2015), werden die einzelnen Kategorien eine unterschiedliche Anzahl an auswählbaren Satzbausteinen haben.

Weil es sich bei diesem computerbasierten Lernarrangement aber nicht um ein reines Diagnoseinstrument handelt, werden die wissenschaftlichen Vorstellungen für Schülerinnen und Schüler in Rückmeldungen und Lernvideos eingebettet.

Um einen Überblick über die Korrektheit der abgegebenen Antwort zu bekommen, werden die Lernenden zunächst eine Rückmeldung erhalten, die je nach Antwort farblich unterschiedlich kodiert wird. Dabei wird jeder ausgewählte Satzbaustein entweder in den Farben rot, gelb oder grün markiert, wobei rot falsch, gelb fast richtig und grün richtig im Sinne

einer wissenschaftlichen Vorstellung bedeutet. Neben diesem groben Überblick werden die Schülerinnen und Schüler ein Feedback zu jedem einzelnen Satzbaustein bekommen. Das Feedback ist ein wesentlicher Bestandteil während des Lernprozesses, um den Lernenden zielgerichtet zu unterstützen (Narciss 2006). In diesem Fall wird das Feedback eine antwortspezifische Elaboration sein und soll dem Lernenden, neben der Visualisierung was richtig und falsch ist, eine Erläuterung geben, warum seine Auswahl richtig, fast richtig oder falsch ist. Zudem wird eine Erklärung folgen, wie die korrekte Antwort aussehen sollte. Diese Form von elaborierter Rückmeldung hat eine höhere Lernwirksamkeit als einfaches Feedback zur Folge (Kopp und Mandl 2014). Gerade durch das Antworten anhand von Satzbausteinen ist es möglich, ein individuelles Feedback zu geben, da hier jede Kategorie einzeln betrachtet werden kann. Dieses Feedback soll, neben den gerade genannten Zielen, eine Unzufriedenheit der Lernenden bei vorhandenen Fehlvorstellungen hervorrufen.

Die Darstellung der wissenschaftlichen Sichtweise soll aber nicht nur durch das Feedback geschehen, sondern den Schülerinnen und Schülern durch kurze Animationsvideos aufgezeigt und erläutert werden. Durch die audiovisuelle Darstellungsform besitzt der Film eine sehr große Nähe zu unserer täglichen Wahrnehmung (Monaco 2013) und ist daher neben einer rein textlichen Darstellung, dem schriftlichen Feedback zur Satzbausteinauswahl, gut geeignet. Zudem kann durch eine einfach gehaltene, zielgruppenorientierte Animation (Schweiger 2010) und einen Bezug zu alltäglichen Erfahrungen der Lernenden die Verständlichkeit (Krüger 2007) und damit die Plausibilität der neuen Vorstellung geschaffen werden. Nur durch Unzufriedenheit, Verständlichkeit und Plausibilität einer neuen Vorstellung kann diese auch bei den Lernenden fruchten (Krüger 2007).

Um ein für Schülerinnen und Schüler angemessenes computerbasiertes Lernarrangement zu entwickeln, müssen einige Anforderungen erfüllt sein. In jeder der sieben Kategorien wird es mehrere Auswahlmöglichkeiten für die Probanden geben. Alle müssen aufeinander abgestimmt sein, damit sich jeweils grammatikalisch und inhaltlich sinnvolle Sätze ergeben. Neben der verständlichen Formulierung der Antworten für die Zielgruppe und der klaren und eindeutigen Formulierung, um das Wesentliche zu erfassen, ist es sinnvoll, keine Verneinungen einzubauen, da dadurch Missverständnisse beim schnellen Lesen auftreten können (Haladyna, Downing und Rodriguez 2002). Termini oder Schlüsselwörter können den Lernenden dazu verleiten, diese Antwort eher zu wählen, da dadurch ein Hinweis auf die

richtige Antwort gegeben wird (Messick 1995). Antworten, die unlogisch sind oder irrelevante Informationen enthalten, sollten vermieden werden, da sie sonst Hinweise auf die richtige Antwort geben können (Haladyna et al. 2002). Dennoch muss klar sein, dass verschiedene Antwortmöglichkeiten, die auf den Schülervorstellungsforschungen aufbauen, für einzelne Schülerinnen und Schüler unlogisch sind, da diese die Sätze möglicherweise auf einer ganz anderen Vorstellungsbasis durchdenken. Somit kann nicht immer gewährleistet sein, dass jeder Proband alle Antwortmöglichkeiten als stimmig anerkennt, weil es sehr differenzierte Fehlvorstellungen bei den Lernenden gibt (Brennecke 2015).

Bevor die Schülerinnen und Schüler das computerbasierte Lernarrangement bearbeiten können, werden sie sich zunächst online registrieren müssen, da das ganze Lernangebot onlinebasiert ist. Das ermöglicht die Zuordnung der Schülerantworten, die in der Datenbank gespeichert werden, zu den einzelnen Lernenden. Das Onlineangebot bietet einige Vorteile. Zum einen werden Lernende von überall, orts- und zeitunabhängig auf das Programm zugreifen und dieses bearbeiten können (Seeger 2010). Zum anderen sind Modifikationen in der Weiterentwicklung schneller eingepflegt als in computerbasierten Lernarrangements, welche sich auf einem Datenträger (z.B. DVD oder USB-Stick) befinden (Blötz, Ballin und Gust 2008). Nach der Registrierung werden sich die Schülerinnen und Schüler im Browserfenster anmelden und werden mit einem Begrüßungstext zum Lernarrangement willkommen geheißen. Die persönliche Ansprache des Lernenden mit seinem Registrierungsnamen soll die Zufriedenheit des Nutzers durch den Aufbau einer sozialen Präsenz fördern (Ortmann-Welp 2011) und dadurch eine positive Auswirkung auf den Lernprozess haben können (Kerres 2013). Neben der Begrüßung wird kurz in das Format des computerbasierten Lernarrangements eingeleitet, damit die Lernenden sich beim Bearbeiten zurechtfinden. Dazu werden das Aufgabenformat und das Feedback erläutert.

5.2 Aufbau der Fragen

Jede der vier Fragen beschäftigt sich mit einer anderen Organismengruppe. So werden hier zwei botanische und zwei zoologische Beispiele behandelt. Als botanische Organismen wurden der Kaktus und die Brombeerpflanze gewählt und als zoologische der Gepard und die Ente. Als Einstieg in das Lernarrangement dient das den Lernenden am ehesten bekannte zoologische Beispiel Gepard. Dies eignet sich in besonderem Maße, da Schülerinnen und Schüler bei bekannten und zoologischen Beispielen differenziertere Antworten geben, als bei

unbekannten oder botanischen Beispielen (Brennecke 2015). Die Lernenden bekommen im oberen Teil des Browser-Fensters folgende in der Vorstellungsforschung immer wieder auftretende Frage (Bishop und Andersson 1990, Johannsen und Krüger 2005, Lammert 2012, Fenner 2013, Fischer 2015) angezeigt: „Geparde können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Vorfahren von Geparden konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Wie lässt sich die Entwicklung der Laufgeschwindigkeit erklären?“ (s. Abb. 4).

Der Gepard

Beantworte bitte folgende Frage:

Geparde können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Vorfahren von Geparden konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Wie lässt sich die Entwicklung der Laufgeschwindigkeit erklären?

Wähle deine Antwort aus den Auswahlmöglichkeiten aus:

Einige Geparde... waren durch eine zufällige Mutation... schneller als andere, ...

Zwei Geparde... merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb...
 Einige Geparde... waren durch eine zufällige Mutation...
 Alle Geparde... waren zufällig...
 Alle Geparde... wurden immer etwas...
 Ein Gepard... trainierten viel und wurden deshalb...

...schneller, ...
 ...schneller als andere, ...

Durch die Training wurden die Geparde immer schneller.
 Dadurch konnten sie sich besser fortpflanzen.
 Dadurch konnten sie besser überleben.
 Dadurch hatten sie mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung.
 Dadurch hatten sie einen besseren Jagderfolg...
 ...damit sie besser überleben konnten...
 ...damit sie mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung hatten.
 ...damit sie besseren Jagderfolg hatten...

...und konnten mehr Jungtiere großziehen.
 ...und gaben ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weiter, die dann ebenfalls schneller waren.
 ...und trainierten ihre Jungtiere, die dadurch ebenfalls schneller waren.
 ...und vererbten diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an ihre Nachkommen.
 ...und hatten genug zu fressen.
 ...und diese Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben konnten.
 ...und ihre Jungtiere trainieren konnten, die dadurch schneller waren.
 ...und genug zu fressen hatten.
 ...und mehr Jungtiere großziehen konnten.
 ...und ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, so dass diese auch schneller waren.

Die heutigen Geparde sind so schnell, weil sie so viel trainieren.
 Deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren.
 Die heutigen Geparde lernen auch heute von ihren Eltern das schnelle Laufen.

Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums.
 Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.
 Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.
 Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.

Antworten

Abbildung 4: Screenshot der ersten Frage (Gepard) des computerbasierten Lernarrangements

Um diese Frage zu beantworten, haben die Schülerinnen und Schüler 59 Satzbausteine zur Auswahl, die in sieben Kategorien unterteilt sind (s. Tabelle 2). Die Kategorien, sowie die dazugehörigen Satzbausteine leiten sich aus den Befunden von Brennecke (2015) ab und sind somit auf die differenzierten Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern abgestimmt. Bei dieser Auswahl wurde stets darauf geachtet, dass die auszuwählenden Satzbausteine häufig genannte Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern abbilden. Aus jeder Kategorie wählt der Lernende einen Satzbaustein aus und generiert somit seine Antwort. Dadurch entsteht ein Satzgefüge, das die differenzierte Vorstellung des Lernenden zur Entwicklung der Laufgeschwindigkeit von Geparden abbilden soll. Dies lässt sich auf die anderen drei folgenden Beispiele übertragen. Die ausgewählte Antwort der Schülerinnen und Schüler wird danach im oberen Bereich des Browserfensters, direkt unterhalb der Frage eingeblendet, damit der Lernende die Möglichkeit hat, seine Antwort gegebenenfalls zu überprüfen und zu verbessern.

Tabelle 2: Inhalte der sieben Satzbaustein-kategorien des computerbasierten Lernarrangements

1. Kategorie	2. Kategorie	3. Kategorie	4. Kategorie	5. Kategorie	6. Kategorie	7. Kategorie
Entwicklungs- ebene	Gründe und Auslöser der Anpassung	Merk- mal	Angepasst- heit I	Angepasst- heit II	Begründung der Angepasstheit	Zeitliche Dimension
Populations- ebene	Lebens- bedingung		Merkmalsausprägung			Generationen
Individual- ebene	Vor- /Nachteil		Funktion			Lebenszyklus
	Notwendig- keit		Merkmalsausprägung + Funktion			Jahre
	Zufall		Verhalten			

Die erste Kategorie bildet die ‚Entwicklungsebene‘ ab, in der die Möglichkeit besteht, zwischen „einigen“, „allen“, „zwei“ oder „einem“ Gepard(en) zu wählen. Je nach Auswahl verringert sich die Anzahl der Satzbausteine in den folgenden Kategorien, da zwischen Singular und Plural unterschieden wird. Dadurch wird ein grammatikalisch korrekter Satzaufbau gewährleistet. In der zweiten Kategorie werden die ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ bedacht. Dabei werden neben der wissenschaftlichen Vorstellung bereits erhobene Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern in deren Sprache dargestellt. Hier besteht die Möglichkeit zwischen Lebensbedingungen, Vorteil bzw. Nachteil, Notwendigkeit oder Zufall zu wählen. Die dritte Kategorie beinhaltet das ‚Merkmal‘ an sich, welches sich weiterentwickelt. Die ‚Angepasstheit‘ (Kategorie vier und fünf) wird in zwei Satzbausteine „Angepasstheit I“ und „Angepasstheit II“ unterteilt, da die zum einen inhaltlich zu lang für einen Satzbaustein wäre, zumal Merkmalsausprägung und Funktion hier als zwei Einzelteile der Angepasstheit von Organismen aufgeführt werden. Zum anderen können so differenziertere Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler abgefragt werden, da deren Vorstellung z.B. nur eine Merkmalsausprägung oder eine Funktion beinhalten kann. Bei der Angepasstheit entscheiden sich die Schülerinnen und Schüler also für Satzbausteine aus den Bereichen Merkmalsausprägung, Funktion, Merkmalsausprägung mit Funktion oder Verhalten. In dieser Kategorie werden zudem finalistische Teilvorstellungen mit den Satzbausteinen dargestellt. Auch hier ändert sich je nach Auswahl die Anzahl des folgenden Satzbausteins, damit dieser inhaltlich sowie grammatikalisch stimmig ist. Die sechste Kategorie stellt die ‚Begründung der Angepasstheit‘ dar. Sie orientiert sich an den zuvor beschriebenen Satzbausteinen. In der letzten Kategorie wird die ‚zeitliche Dimension‘ der evolutiven Anpassung behandelt. Dabei

haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, die Entwicklung generationsübergreifend, lebenszyklisch oder anhand von Jahren zu erklären.

Der wissenschaftlich korrekte Satz ist in diesem Fall: „Einige Geparde | waren durch eine zufällige Mutation | schneller als andere. | Dadurch hatten sie mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung | und vererbten diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an ihre Nachkommen. | Deshalb sind die heutigen Geparde schneller als ihre Vorfahren. | Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.“

Die weiteren Aufgaben des Lernarrangements sind analog aufgebaut. Jede Frage muss durch in sieben Kategorien unterteilte Satzbausteine, beantwortet werden. Der gleiche Aufbau der Fragen ermöglicht es, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler in ebenfalls differenzierter Weise zu erheben und in der Analyse der Lernprozesse die einzelnen Kategorien gegenüberzustellen und so miteinander zu vergleichen. Dies wäre durch ein zusätzliches verändertes Aufgabenformat nicht gegeben (Fischer et al. 2014, s. Kap 3.8)

Im zweiten Beispiel bekommen die Schülerinnen und Schüler ein bekanntes botanisches Beispiel dargelegt (abgewandelt nach Brennecke 2015): „Kakteen können Wasser speichern. Sie kommen an wasserarmen Standorten vor. Durch die Wasserspeicherzellen sind sie in der Lage an diesen Standorten besser zu überleben. Wie lässt sich die Entwicklung von wasserspeichernden Kakteen erklären?“. Die wissenschaftliche korrekte Auswahl an Satzbausteinen bildet folgende Antwort: „Einige Vorfahren der Kakteen | konnten durch eine zufällige Mutation | mehr Wasser speichern als andere. | Dadurch sind sie nicht vertrocknet und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen | und sie vererbten diese Fähigkeit an ihre Nachkommen. | Deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen. | Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.“

Ein weiteres bekanntes zoologisches Beispiel stellt die Ente dar: „Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute. Dieses Merkmal macht sie zu schnellen Schwimmern. Biologen vermuten, dass sich Enten aus Landvögeln mit kleinen Schwimmhäuten entwickelt haben. Wie lässt sich die Entwicklung der Schwimmhäute erklären?“ Diese Frage ist ebenfalls eine in der Vorstellungsforschung immer wieder auftretende Aufgabe (z.B. Bishop und Anderson 1990, Ferrari und Chi 1998, Fischer 2015). Die korrekte Antwort ist in diesem Fall: „Einige Vorfahren der Enten | bekamen durch eine zufällige Mutation | Schwimmhäute. | Dadurch konnten sie ihren Lebensraum erweitern und sich infolgedessen besser fortpflanzen | und sie vererbten

ihr Merkmal (Schwimmhäute) an ihre Nachkommen weiter. | Deshalb haben die Enten heute Schwimmhäute. | Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.“

Als letztes Beispiel wird die Brombeerpflanze behandelt. Es wird als unbekanntes botanisches Beispiel eingeordnet: „Brombeerpflanzen sind Kletterpflanzen. Sie wachsen mit Hilfe von Stacheln z.B. an Zäunen, Häuserwänden oder anderen Pflanzen hoch. Dadurch haben sie mehr Licht. Durch ihre Stacheln können sie sehr gut an solchen Standorten wachsen. Wie lässt sich die Entwicklung von kletternden Brombeerpflanzen erklären?“. Die wissenschaftliche Antwort ist: „Einige Vorfahren der Brombeerpflanzen | bekamen durch eine zufällige Mutation | mehr Stacheln zum Klettern als andere. | Dadurch hatten sie genug Licht und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen | und sie vererbten die Stacheln an ihre Nachkommen. | Deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen. | Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.“ Diese Frage wurde in Anlehnung an die anderen Aufgaben aus vorangegangenen Forschungen selbst erstellt.

Die Auflistung aller Satzbausteine der vier Fragen inkl. Distraktoren findet sich im Anhang (Anhang 11.1-11.5). Nach der Überprüfung der Antwort wird diese durch den Button „Auswerten“ bestätigt und kann nun nicht mehr abgeändert werden. Nun bekommt der Lernende ein Feedback zu seiner Vorstellung.

5.3 Feedback

Zunächst wird dem Lernenden durch eine Farbcodierung (rot, gelb und grün) angezeigt, welche Teile seiner Vorstellung mit der wissenschaftlichen Vorstellung zur Entwicklung eines Merkmals übereinstimmen (Abb. 5).

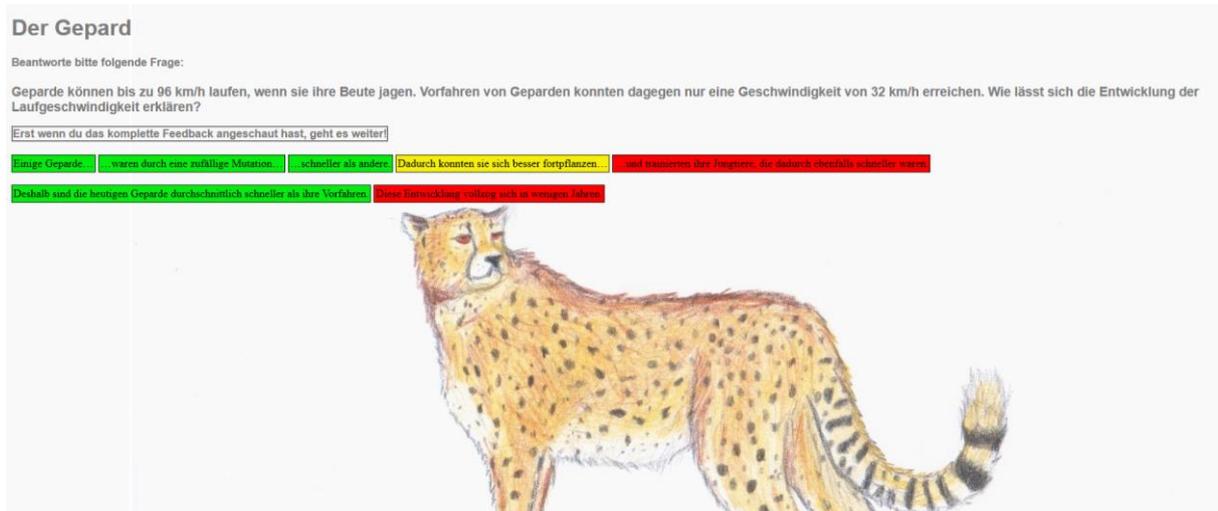


Abbildung 5: Screenshot der Farbcodierung der Satzbausteinauswahl im computerbasierten Lernarrangement

Durch das Bewegen des Cursors über die einzelnen Bausteine der Antwort wird dem Bearbeiter des Lernarrangements jeweils ein Feedback in Form einer antwortspezifischen Elaboration gegeben (s. Kap. 5.1 und Abb. 6).



Abbildung 6: Screenshot der antwortspezifischen Elaboration im computerbasierten Lernarrangement

Das bringt den Vorteil, dass der Lernende zusätzlich eine Erläuterung bekommt, warum seine Auswahl richtig oder falsch ist. Zudem wird dem Lernenden im Falle einer Fehlvorstellung erläutert, wie die wissenschaftliche Vorstellung zu diesem Satzbaustein aussieht. Die folgende Tabelle (Tab. 3) zeigt Beispiele für verschiedene Feedbacks auf. Eine vollständige Auflistung findet sich im Anhang (Anhang 11.6-11.9).

Tabelle 3: Beispiele für eine antwortspezifische Elaboration

Satzbaustein	Feedback
Einige Geparde...	Diese Antwort ist richtig. Man kann nicht genau sagen, wie viele Geparde schneller geworden sind, man weiß nur, dass es nicht alle auf einmal gewesen sein können. Man geht jedoch davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.
Dadurch konnten sie sich besser fortpflanzen...	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Hier beschreibst du, dass die Geparde einen größeren Fortpflanzungserfolg hatten, weil sie schneller als andere waren. Die Geparde hatten den größeren Erfolg bei der Fortpflanzung , weil sie unter anderem durch mehr Nahrung länger gelebt haben und somit (mehr) Nachkommen zeugen und diese auch versorgen konnten.
...merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb...	Diese Antwort ist falsch. Du beschreibst, dass die Geparde gemerkt haben, dass ihre Beute schneller wurde. Kein Lebewesen kann selbst entscheiden, dass es ein körperliches Merkmal ändern muss, um schneller zu werden. Es ist ein Prozess , der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.

Dieses Feedback findet sich bei allen vier Fragestellungen. Nachdem das Feedback komplett gelesen wurde, erscheint ein Button „Zum Video“. Durch einen Mausklick auf ihn wird ein kurzes animiertes Video gezeigt, das die wissenschaftliche Vorstellung der Entwicklung des jeweiligen Merkmals erläutert.

5.4 Videos

Die Erstellung der Filme wurde mit der internetbasierten Animationssoftware PowToon durchgeführt. Die Bedienung dieser Software erinnert an die Präsentationssoftware PowerPoint von Microsoft. Ähnlich wie dort werden Folien mit Texten, Bildern, Musik, Videos gestaltet, die durch unterschiedliche Animation auf dem Bildschirm erscheinen können. Durch eine Zeitleiste unterhalb der Folienbearbeitung besteht die Möglichkeit, einzustellen, wie lange eine Folie im späteren Animationsfilm gezeigt werden soll. Des Weiteren ist es möglich, zwei unterschiedliche Audiospuren einzupflegen, die auch übereinanderliegen können. Alle Abbildungen, die in den erstellten Filmen genutzt werden, sind entweder Abbildungen, die die Software selbst hergibt, Zeichnungen die extra für diese Filme erstellt wurden oder lizenzfreie Bilder aus der Bilddatenbank pixelio.de. Somit wurden keinerlei Urheberrechte oder Lizenzen dritter Personen verletzt.

Didaktische Überlegungen zur inhaltlichen Filmhandlung

Für alle Filme dient die wissenschaftliche Vorstellung zu den vier Fragestellungen (Kap. 5.2) als inhaltliche Richtschnur. Ausgehend von dieser Grundlage erfolgt eine weitere thematische Aufbereitung der Filmhandlungen. Durch die bereits beschriebenen Vorstellungen (s. Kap. 3.7) und die Analyse des hessischen Kerncurriculums Biologie (Hessisches Kultusministerium 2011) ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler lückenhaftes oder fehlerhaftes Wissen zum Thema evolutive Anpassung besitzen. Aus diesem Grund wurden besonders für den ersten Film „Geparde“ zentrale inhaltliche Begriffe (Tabelle 4) ausgewählt, didaktisch reduziert und in eine erzählerische Reihenfolge gebracht.

Tabelle 4: Didaktisch reduzierte Erklärung zentraler Begriffe der animierten Videos

Verwendeter Begriff	Didaktisch reduzierte Erklärung
Art	Gruppe von Individuen, die miteinander fortpflanzungsfähige Nachkommen erzeugen.
Einzigartigkeit	Unterschiedlichkeit der Individuen, die durch die zufällige Vererbung von Merkmalen der Eltern und der Mutation entsteht.
Erbinformationen	Diese liegen in der DNA der Zellen und werden an die Nachkommen weitervererbt. Sie sind relevant für die Ausprägung von Merkmalen.
Evolution	Veränderung der Erbinformationen innerhalb einer Population und darum auch ihrer äußeren Gestalt über lange Zeiträume und mehrere Generationen hinweg
Mutationen	Zufällige Veränderung der Erbinformation Sie kann z.B. durch chemische Substanzen oder Strahlung verursacht werden und unterschiedliche Folgen für ein Lebewesen haben.
Population	Gemeinschaft mehrerer Lebewesen einer Art, die miteinander Nachkommen bekommen können und regional von anderen Gemeinschaften (Populationen) abgrenzbar sind
Vererbung	Weitergabe der Erbinformationen an die Nachkommen

Diese Begriffe und die Narration sollen die evolutive Anpassung den Schülerinnen und Schülern verständlich machen. Vor allem die Narration spielt hier eine wesentliche Rolle, da sie es möglich machen kann, dass ein fachliches Phänomen in einen persönlich bedeutsamen Kontext eingeordnet werden kann. Somit kann ein Bezug zur Lebenswelt der Lernenden entstehen (Zabel 2009).

Da alle Filme in einer festgelegten Reihenfolge nacheinander gezeigt werden, stellt der zu den Geparden die Einführung in die Thematik dar. Nur im ersten Video werden die Begriffe für die Schülerinnen und Schüler definiert. In den darauffolgenden Filmen werden alle Begriffe als bekannt vorausgesetzt. Deshalb ist der erste Film mit 8:25 min länger als die anderen (Kaktus: 3:10 min, Ente: 4:47 min und Brombeere 3:31 min).

Die Zusammenfassung vier zentraler Erkenntnisse der Evolution soll für die Schülerinnen und Schüler eine plausible Erklärung für die Ursachen der Evolution schaffen. Nach Mayr (1982) beschreibt Darwin seine Erkenntnisse, beruhend auf den Essays des britischen Ökonomen Malthus folgendermaßen:

1. Organismen produzieren einen grundsätzlichen Überschuss an Nachkommen.
2. Alle Organismen stehen untereinander in einem ständigen Konkurrenzkampf um begrenzte Ressourcen.
3. Jedes Lebewesen unterscheidet sich von einem anderen in seiner Einzigartigkeit, obwohl Ähnlichkeiten mit Verwandten auftreten können.
4. Variation kann in großen Teilen vererbt werden.

In diesem Film werden die zufällige Vererbung von Merkmalen und die zufällige Mutation als mögliche Ursachen für die Einzigartigkeit von Lebewesen anhand der Eigenschaft des schnellen Laufens bei Geparden erläutert. Didaktisch reduziert wird die Anpassung der Laufgeschwindigkeit durch eine Verlängerung der Beine von Geparden beschrieben. Hier muss im nachfolgenden Unterricht aufgegriffen werden, dass in Wirklichkeit nicht nur ein Merkmal relevant ist, sondern dass sich erst durch mehrere Merkmalsveränderungen im Körper (z.B. Lunge, Wirbelsäule, Zusammensetzung des Blutes ...) die Laufgeschwindigkeit der Geparde erhöhen kann. Das Beispiel der längeren Beine wurde hier gewählt, da es für die Schülerinnen und Schüler greifbar ist und sich auf äußerliche Änderungen bezieht, die von den Lernenden einfacher erfasst werden können als innere (Weitzel und Betzitza 2016). Die Schlussfolgerung des Filmes ist, dass Individuen durch bestimmte Merkmalsausprägungen erfolgreicher im

Konkurrenzkampf um Ressourcen sind. Die zum Erfolg führenden Merkmale werden an die Nachkommen weitervererbt, wobei sich Merkmale über Generationen hinweg stetig verändern. Diese natürliche Selektion wird durch die Metapher eines Siebes veranschaulicht, indem aus dem Genpool einer Population bestimmte Merkmale, die einen Beitrag zum Erhalt der Population leisten, im Sieb (Genpool) bleiben und andere durch Selektionsdruck ausgesiebt werden. Den Abschluss des Filmes bildet der zeitliche Aspekt der Entwicklung von Merkmalen. Dadurch soll den Lernenden bewusstwerden, dass das Konzept einer Artkonstanz hinterfragt werden muss und evolutive Anpassung auch aktuell und in der Zukunft stattfindet. Das komplette Skript zum Film findet sich im Anhang (Anhang 11.10).

Die Ursachenbeschreibungen in den weiteren drei Filmen (Anhang 11.11-11.13, Filmskripte) werden ebenfalls immer didaktisch reduziert, um die Schülerinnen und Schüler nicht zu überfordern. Sie sollen sich auf den Sachverhalt der evolutiven Anpassung konzentrieren und für sie verständliche Aspekte des Filmes aufgreifen. Hauptsächlich werden dabei Rückbezüge auf die vorher thematisierten Aspekte genommen und wiederholend aufgegriffen.

Didaktische und multimediale Überlegungen zur Gestaltung der Filme

Alle erstellten Filme sind multimedial, und die Informationen werden durch die verschiedensten Medien wiedergegeben (z.B. geschriebener und gesprochener Text, Abbildungen, Animationen etc.) (Klimsa 1995). Kerres (2013) hat für die Gestaltung von multimedialen Lernangeboten 13 Hinweise aus verschiedenen Studien und Forschungen abgeleitet und zusammengefasst. Diese Hinweise wurden bei der Konzeption der Filme berücksichtigt:

1. Informationen als Text und Bild präsentieren

Die Theorie der doppelten Codierung von Paivio (1986) besagt, dass Informationen, die durch Text und Bild präsentiert werden, das Lernen unterstützen. Gesprochener Text wird hier nicht explizit ausgeschlossen sondern durch das Modalitätsprinzip von Mayer (2001) eingeschlossen. In allen Filmen werden Bilder durch einen zusätzlichen Audiotext erläutert oder durch Stichworte ergänzt.

2. Bild vor Text

Alle Bilder werden vor dem geschriebenen bzw. gesprochenem Text verwendet und dienen als „*Organisationshilfe und Anker, der die Verarbeitung des Textes unterstützt*“ (Kerres 2013,

S. 170). Durch eine Verwendung von Bildern nach einem Informationstext könnten bereits entwickelte bildhafte Vorstellungen gestört werden und die Lernenden so in einen Konflikt geraten (Weidenmann 2006).

3. Information eines Codes nicht auditiv und visuell präsentieren

Nach dem Redundanzprinzip wird in allen Filmen vermieden, dass die zeitgleiche Präsentation von identischen Informationen über unterschiedliche Wahrnehmungskanäle stattfindet (Mayer 2001). So wird ein geschriebener Text nicht gleichzeitig vorgelesen, da hierdurch das Arbeitsgedächtnis der Schülerinnen und Schüler überlastet werden kann (Kerres 2013).

4. Einfache Abbildungen mit Text, komplexe Abbildungen mit Audio erklären

Das Medium „geschriebener Text“ wird innerhalb der Filme fast ausschließlich in Form von Stichworten gebraucht. Lediglich die Definition neuer Begriffe ist dabei eine Ausnahme. Entweder sind diese Bilder selbsterklärend (Abb. 7) oder werden durch Audiokommentare, wenn sie *„komplexer oder schwerer zu verstehen sind“* (Kerres 2013, S. 170), erläutert.

5. Überflüssiges weglassen

Jede irrelevante Information sowie Schmuckelemente, die ablenken, finden in diesen Filmen keinerlei Verwendung. Schon Levin, Anglin und Carney (1987) haben in ihrer Metaanalyse festgestellt, dass dekorative Bilder keinerlei steigenden Lerneffekt haben sondern der Ablenkung dienen. Bilder und Animationen werden daher nur an den Stellen verwendet, an denen sie dazu gedacht sind, sich positiv auf das Verständnis eines Details oder des gesamten Zusammenhangs auszuwirken.

6. (Reduzierte) Bilder statt Animationen/Videos bei wenig Vorwissen

Dieses Gestaltungsmerkmal scheint auf den ersten Blick die erstellten Lernvideos komplett auszuschließen. Damit ist aber gemeint, dass realitätsnahe Computeranimationen oder Videoaufzeichnungen sich nicht zum Lernen eignen, wenn die Schülerinnen und Schüler wenig Vorwissen zu einem Sachverhalt haben (Kerres 2013). Die erstellten Lernvideos sind wie o.g. als Bildfolgen mit erläuterndem Audiokommentar in narrativer Erzählform zu verstehen und können somit diesem Gestaltungsmerkmal gerecht werden. Auch werden reduzierte Bilder, also Skizzen, Symbole oder Schemata verwendet, die sich positiv auf den Lernerfolg auswirken können (Weidenmann 2006, Abb. 7).

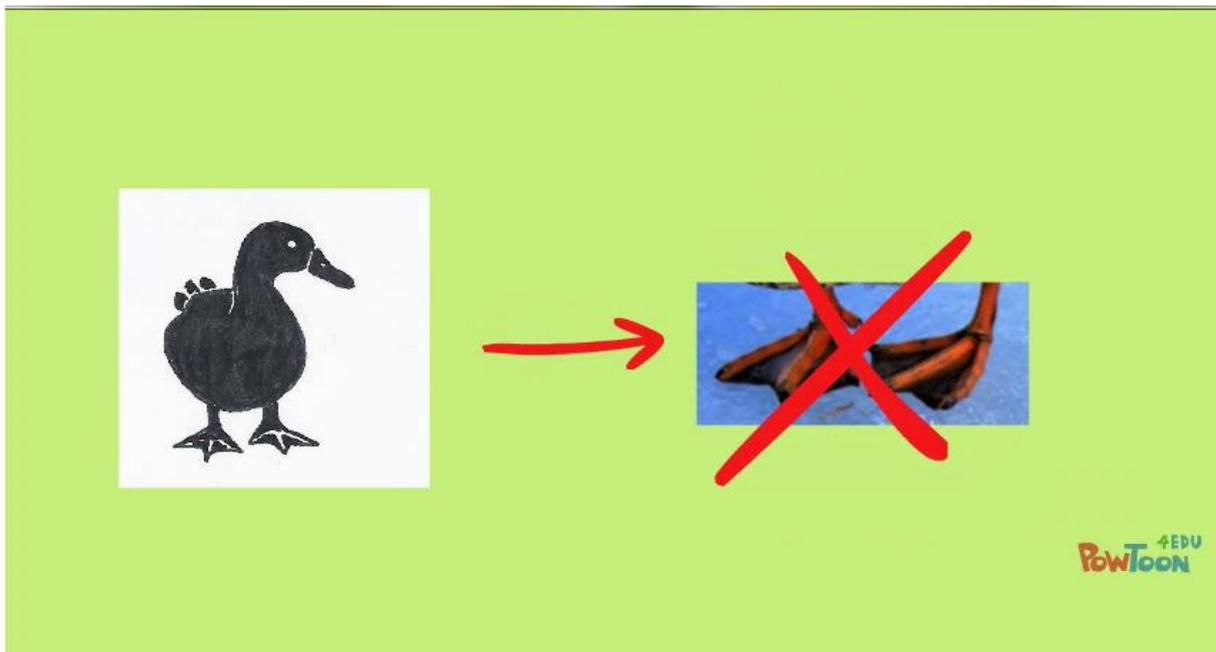


Abbildung 7: Verwendung von Symbolen und Skizzen innerhalb des dritten animierten Videos (Ente)

7. Prinzip der Nähe: zusammenhängende Informationen räumlich und zeitlich nahe präsentieren

Verschiedene Medieninhalte werden in direktem, räumlichem und zeitlichem Bezug zueinander präsentiert, um somit den Prinzipien der räumlichen und zeitlichen Nähe nach Mayer (2001) gerecht zu werden. Als Beispiel dient hier der direkte Verweis von kurzen Textinhalten durch Sprechblasen zu bestimmten Objekten oder Tieren (Abb. 8).

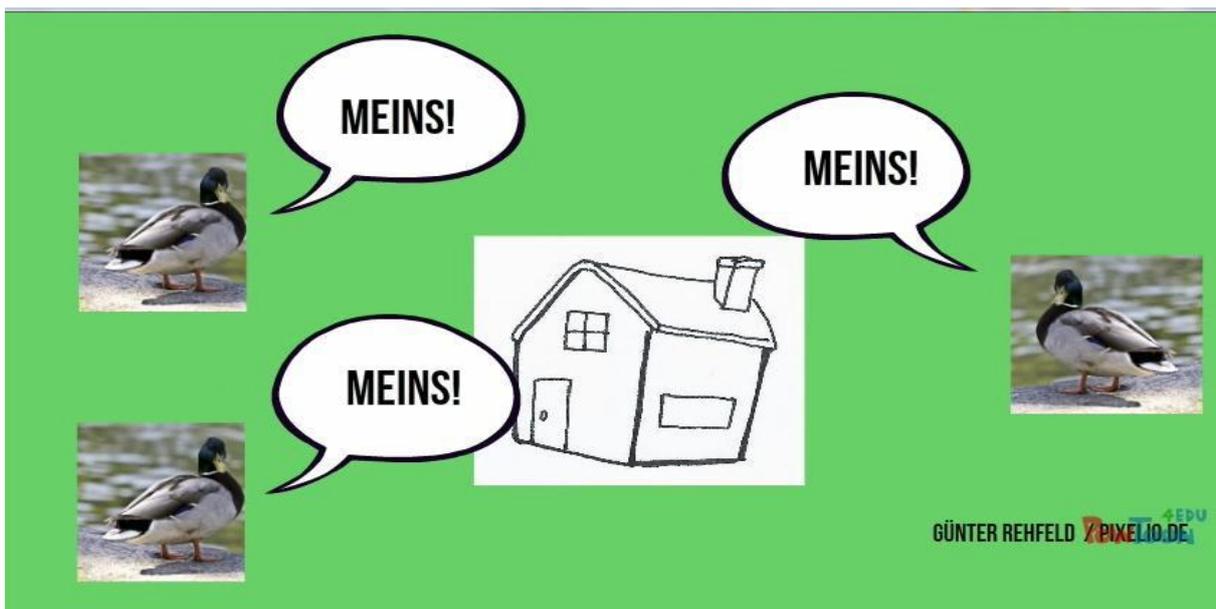


Abbildung 8: Darstellung der räumlichen Nähe zwischen einzelnen Bildelementen innerhalb des dritten animierten Videos (Ente)

Damit alle Elemente sachlogisch miteinander verbunden werden, erfolgen zusätzliche akustische Erläuterungen zum dargestellten Inhalt in zeitlicher Nähe.

8. Redundante Information in Kombination von Bild und Text vermeiden

Bilder und Texte, gesprochen oder geschrieben, sollten sich gegenseitig unterstützen und ergänzen. Ein Text dient als Kommentar oder Zusammenfassung zu einer Grafik bzw. einem Bild (Kerres 2013). Durch die narrative Struktur des Filmes wird dies im besonderen Maße eingehalten, da eine Geschichte verbunden mit einem Bild eine günstige Kombination für das Lernen darstellt (Fischer, Mandl und Todorova 2013).

9. Informationen durch Hinweise gewichten

Wichtige Informationen können bei einer Flut einströmender Reize von Schülerinnen und Schülern übersehen werden. Um dem entgegenzuarbeiten, werden in diesen Filmen einzelne wichtige Informationen durch spezielle Hinweise gewichtet (Salomon 1979). Diese Hervorhebung geschieht durch den Einsatz von verschiedenfarbigen Kreisen und anderen geometrischen Formen variierender Größe und Ausrichtung (s. Abb. 9).

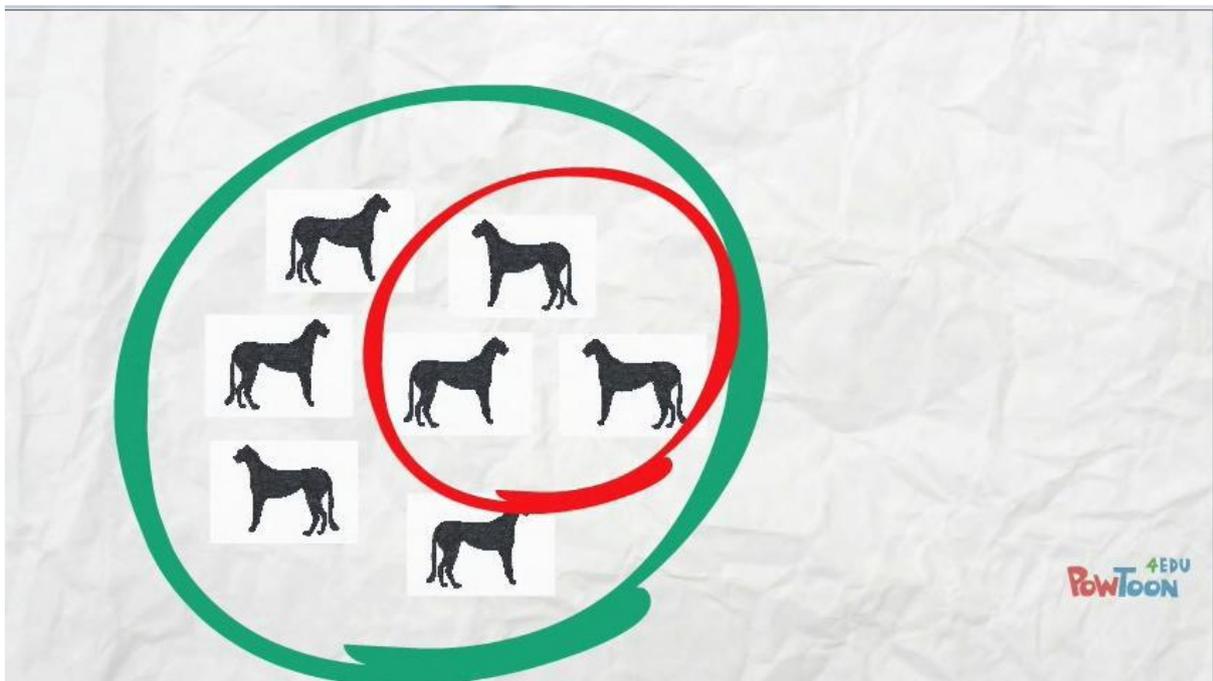


Abbildung 9: Darstellung der gezielten Verwendung von Symbolfarben und symbolhaften Gestaltungsformen innerhalb des ersten animierten Videos (Gepard)

In diesem Beispiel wird durch die Kreise verdeutlicht, dass sich einige Geparde von den anderen der Population als Träger eines Merkmals abgrenzen. Um die Aufmerksamkeit auf

etwas Neues zu lenken wird die Farbe Rot als Signalwirkung eingesetzt. Sie hebt somit besonders wichtige Informationen hervor (Bartel 2003). Grün oder Blau werden genutzt, um bereits bekannte Sachverhalte darzustellen. Die Farbauswahl orientiert sich an Bartel (2013), der angibt, dass Farben mit Befindlichkeiten assoziiert sein können: Vertrautheit (blau; Arbeitskleidung oder Friedensfahnen der UN und EU) und Sicherheit (grün; z.B. Notausgänge, OP-Kleidung). Weiterhin werden Pfeile eingesetzt, die dazu dienen sollen, bestimmte Aspekte eines Bildes hervorzuheben (z. B. die „Beinlänge“ des Geparden, Abb. 10).

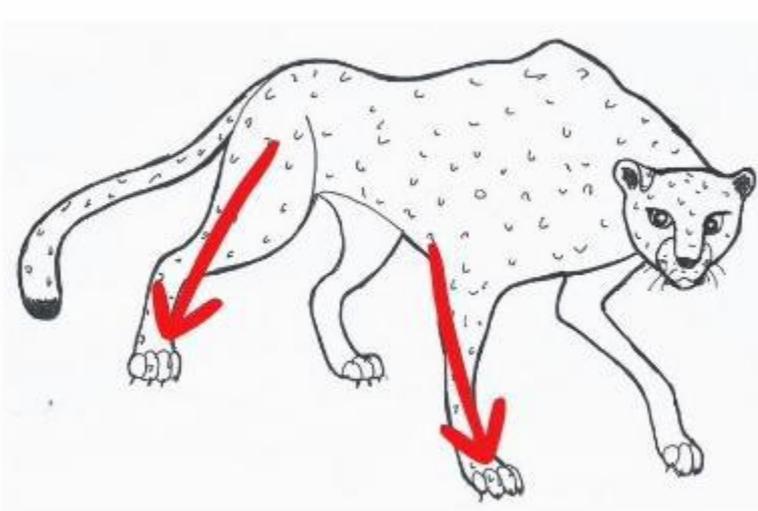


Abbildung 10: Darstellung der bedeutungstragenden Funktion von Pfeilen innerhalb des ersten animierten Videos (Gepard)

10. Lernende persönlich ansprechen

Die Schülerinnen und Schüler werden innerhalb des Filmes nicht persönlich mit ihrem Namen angesprochen, weil eine persönliche Ansprache in geringem Umfang und getrennt von dem eigentlichen Lernmaterial geschehen soll (Kerres 2013). Die Lernenden werden daher zu Beginn des computerbasierten Lernarrangements begrüßt (s. Kap. 6.1). Dennoch werden die Lernenden durch Fragen oder Hinweise immer wieder angesprochen, um einen besseren Zugang zur Lernsituation herzustellen (z.B. „Hast du dich auch schon mal gefragt warum...?“ Oder „Bestimmt kennst du das auch...“, Anhang 11.10-11.13).

11. Bezug zur Lebenswelt herstellen

Das Design der Filme ist so gestaltet, dass die Schülerinnen und Schüler immer an bei vielen Lernenden positiv konnotierte Comics erinnert werden (van Eimeren und Krist 2004, Süss 2004). Dadurch wird zugleich ein Bezug zur Lebenswelt der Lernenden und ein zusätzlicher

motivationaler Aspekt des Lernens impliziert. Dabei wird die Bedeutung des Themas in keiner Weise heruntergesetzt. Im ersten Film ist die Comicfigur Tom ein Charakter, der wesentliche Funktionen einnimmt. Er ist für die inhaltliche Strukturierung in Einleitung, Hauptteil und Schluss essentiell und agiert als Lernanfänger, dem das Thema Evolution und die o.g. Begrifflichkeiten ebenso unbekannt sind wie den meisten Schülerinnen und Schülern. Durch ihn soll eine intensivere Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Thema geschaffen werden (Kerres 2013). Weiter finden sich Bezüge zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler durch die Gegenüberstellung von Inhalten mit alltäglich Bekanntem. So wird z.B. die Laufgeschwindigkeit der Geparde mit der des Menschen oder der Konkurrenzkampf unter Mitschülern und Geschwistern mit dem der Lebewesen um Ressourcen verglichen. Ebenso wird die unterschiedliche Weitergabe von Erbinformationen durch die Eltern an die Schülerinnen und Schüler dargestellt, indem auf verschiedenste Augen- und Haarfarbe in der Familie eingegangen wird.

12. Mittleren Schwierigkeitsgrad kommunizieren (Prinzip der Passung)

Das Prinzip der Passung (Heckhausen 1968) besagt, dass das Lernangebot nicht zu schwer und nicht zu leicht sein darf. Dennoch sollten Schülerinnen und Schüler neue Lerninhalte nicht nur oberflächlich sondern auch nachhaltig durch mentale Aktivität verarbeiten. Unterbruner (2007) beschreibt mit dem Verweis auf die Cognitive-Load-Theory von Chandler und Sweller (1991), dass das Arbeitsgedächtnis nur zu einem bestimmten Maß beansprucht werden darf, damit es noch ausreichend arbeitsfähig bleibt. Eine sachfremde Beanspruchung (Extraneous Load) sollte daher weitgehend vermieden werden, um eine mentale Überforderung (Cognitive Overload) zu vermeiden (Unterbruner 2007). Daher wird bereits zu Beginn des ersten Filmes darauf eingegangen, dass Evolution nicht schwer verständlich sei. Durch das narrative Erzählschema und die didaktische Reduktion wird das anspruchsvolle und komplexe Thema auf ein verständliches Niveau für die Lernenden gesetzt.

13. Aufgabenkomplexität an kognitive Kapazität anpassen

Der letzte Gestaltungshinweis wird in besonderem Maße durch die Vorauswahl der Inhalte eingehalten. Die Filme orientieren sich an den Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler und an den didaktisch reduzierten Inhalten (s. Kap. 3.8 und Kap. 6.1.3).

5.5 Ziele und Name des computerbasierten Lernarrangements

Das computerbasierte Lernarrangement zur evolutiven Anpassung von verschiedenen Lebewesen ist als Einführung in die Thematik gedacht und soll den evolutiven Entwicklungsprozess von Merkmalen vermitteln. Das Lernarrangement kann entweder im Unterricht oder als Hausaufgabe eingesetzt werden. Für die Bearbeitung des onlinebasierten Lernangebotes werden 90 Minuten veranschlagt. Jeder Lernende benötigt dafür einen PC, Laptop oder ein Tablet mit Internetzugang. Das Programm ist in allen Browsern abrufbar. Für die Bearbeitung im Unterricht sind Kopfhörer empfehlenswert, um beim Ansehen der Videos die anderen Schülerinnen und Schüler nicht zu stören. Der Lehrer bzw. die Lehrerin hat dann im Anschluss an die Bearbeitung die Möglichkeit die abgegebenen Vorstellungen in einer Datenbank abzurufen (s. Kap. 5.1). Die Sinnhaftigkeit und der Erfolg wird durch formulierte Lern- und Kompetenzziele überprüft (Spörhase-Eichmann 2010b). Folgende Ziele sollen mit dem Lernarrangement verwirklicht werden: Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, ...

- ... ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen zur evolutiven Anpassung von Lebewesen durch die Wahl von passenden Satzbausteinen im computerbasierten Lernarrangement zu benennen.
- ... ihre Vorstellungen von der evolutiven Entwicklung einer Merkmalsausprägung zu reflektieren.
- ... ihre Vorstellungen mit den wissenschaftlichen Vorstellungen des Feedbacks und der animierten Videos zu vergleichen.
- ... die Plausibilität ihrer Vorstellungen mittels Feedback und animierten Videos zu überprüfen.
- ... ihre Vorstellungen während der Bearbeitung des computerbasierten Lernarrangements durch das gelesene Feedback und die gesehenen animierten Videos zu hinterfragen.
- ... die wissenschaftliche Vorstellung der evolutiven Entwicklung des schnellen Laufens bei Geparden zu beschreiben.
- ... die wissenschaftliche Vorstellung der evolutiven Entwicklung des Wasserspeicherns bei Kakteen zu beschreiben.
- ... die wissenschaftliche Vorstellung der evolutiven Entwicklung der Schwimmhäute bei Enten zu beschreiben.

- ... die wissenschaftliche Vorstellung der evolutiven Entwicklung der Stacheln bei Brombeerpflanzen zu beschreiben.
- ... die Begriffe „Art“, „Mutation“, „Erbinformation“, „Evolution“ und „Population“ zu beschreiben und anzuwenden.
- ... die Evolution in einen fachlich korrekten zeitlichen Rahmen einzuordnen, indem sie evolutionäre Prozesse als generationsübergreifenden Wandel erläutern.
- ... die natürliche Selektion als Schlüsselfaktor der Evolution zu beschreiben, indem sie auf zwischen- und innerartliche Konkurrenz sowie die zufällige Vererbung und Mutation des Erbgutes eingehen.

Ausgehend von den Inhalten und den Zielen, die mit dem computerbasierten Lernarrangement verwirklicht werden, wurde folgender Name für das Lernprogramm ausgewählt:

SELECTIVE: SElektion **Ent**decken, **Com**puterbasiert **Test**en und **I**ndividuell **VE**rstehen.

6 Material und Methoden

Der im Entwicklungsprozess des Dortmunder Modells der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung konstruierte Prototyp von SELECTIVE wird genutzt, um im Forschungsprozess die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu analysieren (s. Abb. 11).

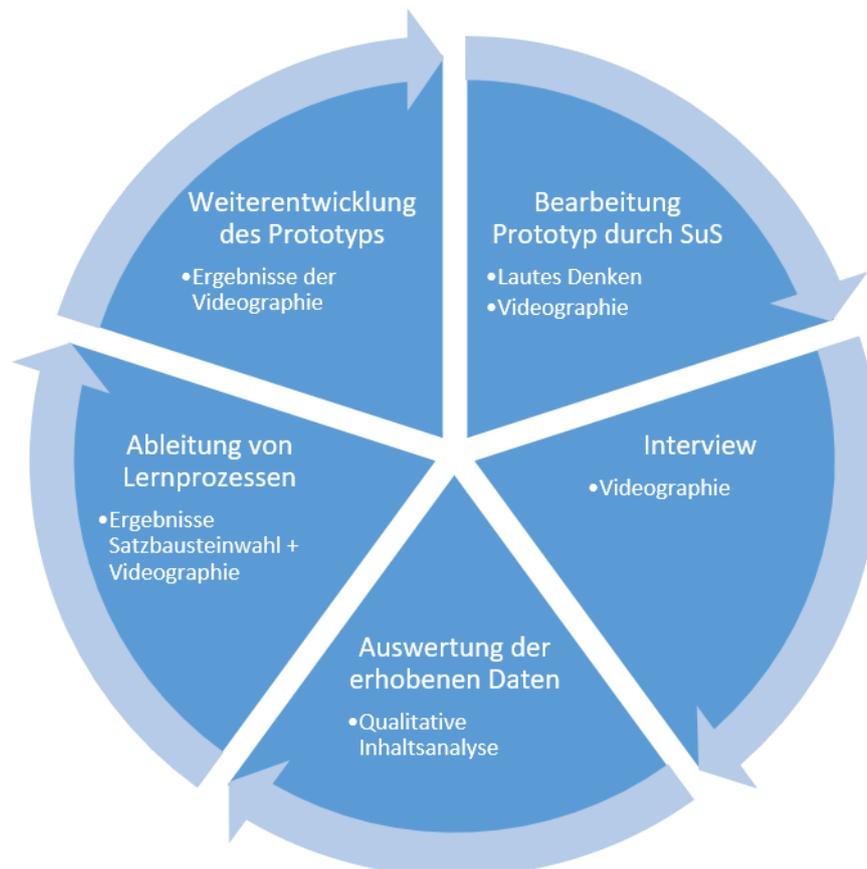


Abbildung 11: Ablauf der Forschung innerhalb eines Zyklus der fachdidaktischen Entwicklungsforschung in der Dortmunder Modell

Dazu wird auf die Methode des Lauten Denkens zurückgegriffen. Die Bearbeitung des Lernarrangements durch die Schülerinnen und Schüler wird videographiert (Kap. 6.1.4). Das Laute Denken ermöglicht Einblicke in die Begründungen der Satzbausteinwahl der Lernenden. Daraus sollen Lernprozesse und Lernfortschritte abgeleitet werden. Das Videographieren dient dazu, Sprache sowie Mimik und Gestik der Schülerinnen und Schüler aufzuzeichnen. Durch diese Daten soll neben der Ableitung der Lernprozesse das SELECTIVE weiterentwickelt werden. Ein Interview im Anschluss an die Bearbeitung von SELECTIVE soll Problematiken mit der Bedienung und dem Verständnis vertiefen und ebenfalls der Weiterentwicklung des Prototyps dienen. Die erhobenen Daten (Videographie und Interview)

werden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse aufbereitet und ausgewertet (Kap. 6.2 und Kap. 6.3). Der Zyklus der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung wird mehrfach mit der Zielgruppe (Kap. 6.1.1) durchgeführt. Hußmann, Thiele, Hinz, Prediger und Ralle (2013) empfehlen, die Untersuchung in mehreren Zyklen anzulegen, wobei darauf verwiesen wird, dass es keine allgemeingültige Zahl von Zyklen für alle Forschungsprojekte in diesem Modell gibt. Sobald aber kein weiterer Erkenntnisgewinn feststellbar sein sollte, ist es nicht notwendig, weitere Zyklen zu durchlaufen (Hußmann et al. 2013).

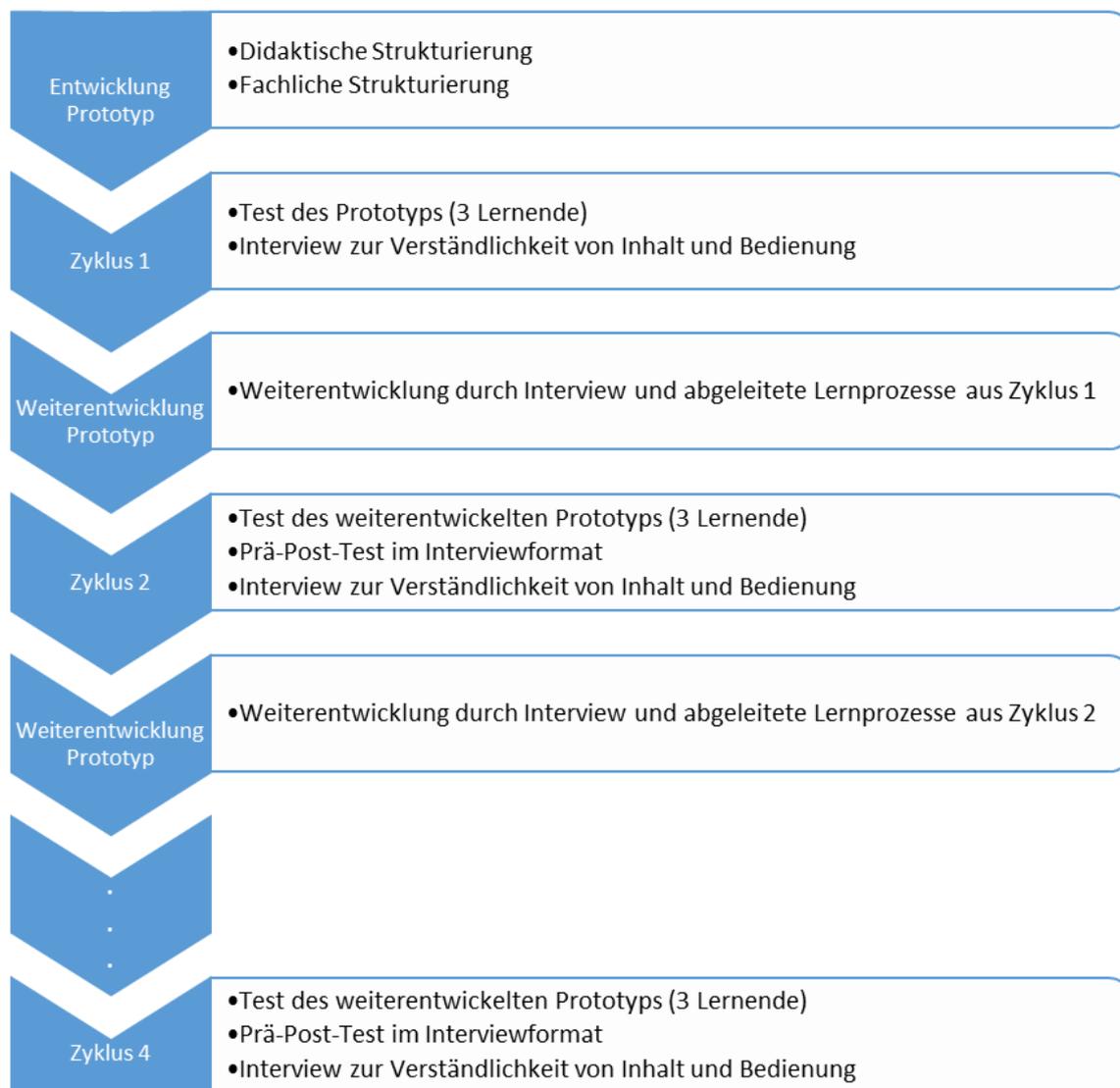


Abbildung 12: Forschungsdesign der Studie

Diese Arbeit sieht vier Zyklen vor (s. Abb. 12). In einem ersten Zyklus soll vor allem SELECTIVE auf seine Praxistauglichkeit getestet werden. Aus diesen Erkenntnissen sowie den ersten Einblicken in die Lernprozesse soll SELECTIVE weiterentwickelt werden. Die Zyklen zwei und drei dienen der Erhebung von Lernprozessen und der daraus resultierenden

Weiterentwicklung des Lernarrangements SELECTIVE. Der letzte Zyklus dient dann der Überprüfung von SELECTIVE auf schulformübergreifende Einsetzbarkeit.

6.1 Die Design-Experimente

Nach der Erstellung des Prototyps wird dieser mehrfach mit der Zielgruppe erprobt, um zu untersuchen, ob und welche Lernprozesse durch die Bearbeitung angeregt werden. Dabei wird zunächst überprüft, ob das computerbasierte Lernarrangement sinnvoll strukturiert und verständlich ist (Prediger et al. 2012).

6.1.1 Stichprobe

Die Probandinnen und Probanden dieser Studie (N=12) sind allesamt Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9, die bis zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keinen Unterricht zum Thema Evolution hatten. Insgesamt haben an der Studie fünf Schülerinnen und sieben Schüler teilgenommen. Neun Schülerinnen und Schüler sind dem gymnasialen Schulzweig zuzuordnen, drei dem Realschulzweig. Alle Schülerinnen und Schüler wurden von den jeweiligen Biologielehrerinnen und -lehrern als durchschnittlich leistungsstark im Bereich Biologie angesehen und haben bis auf zwei Ausnahmen keinerlei konkretes Vorwissen zum Thema evolutive Anpassung. Alle beteiligten Schülerinnen und Schüler haben neben dem Bearbeiten des Lernarrangements und seiner Videographie an einem Interview teilgenommen.

Im ersten Zyklus zur Überprüfung der Verständlichkeit des Prototyps haben insgesamt drei Schülerinnen und Schüler (2w, 1m) dieser Stichprobe teilgenommen. Sie sind dem gymnasialen Zweig zuzuordnen. Dabei wurde darauf geachtet, dass auch ein Proband mit geringer Lesekompetenz (Auswahl durch die Deutschlehrerin) dazu gehörte, da die Aufgaben des Lernarrangements textintensiv sind.

Die anderen neun Schülerinnen und Schüler haben an der Erprobung mit der weiterentwickelten Software und einem überarbeiteten Interview (s. Kap. 6.1.3) teilgenommen.

Bei allen Schülerinnen und Schülern wurde das Einverständnis der Eltern eingeholt.

6.1.2 Aufbau und Ablauf der Untersuchung

Die Probandinnen und Probanden haben SELECTIVE einzeln getestet, weil es auf Einzelarbeit ausgelegt ist. Dabei sitzen die Schülerinnen und Schüler an einem Tisch, auf dem ein Computer

inklusive Software steht. Hinter dem Bildschirm ist eine Kamera angebracht, die Gesicht und Oberkörper des Lernenden filmt. Eine weitere Kamera im Rücken der Schülerinnen und Schüler zeichnet die durchgeführten Aktionen am Bildschirm auf. Der Beobachter sitzt außer Sichtweite der Schülerinnen und Schüler, aber mit Blick auf den Bildschirm (s. Abb. 13).

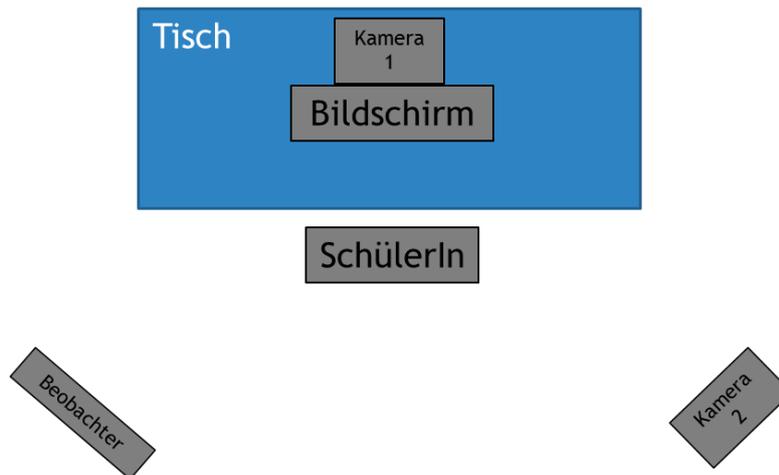


Abbildung 13: Aufbau der Untersuchung. Kamera 1 filmt den/die Schüler/in von vorne. Kamera 2 zeichnet den Bildschirm auf. Der Beobachter macht Notizen, erinnert an die Methode des Lauten Denkens und gibt, wenn nötig, Hilfestellungen.

Der Ablauf der Untersuchung gestaltet sich wie folgt: Nach einer kurzen Begrüßung wird zunächst eine Einführung gegeben, in der die Lernenden erfahren, warum sie SELECTIVE testen und wie die Untersuchung ablaufen wird. Im Anschluss daran wird die Technik (Kameras und evtl. PC) und die Methode des Lauten Denkens anhand eines Filmes erläutert. In diesem Film wird das Laute Denken beispielhaft durch das Zeichnen eines Hauses mit dem Programm „Paint“ vorgestellt. Der Beobachter ist in diesem Film der Protagonist, um dem Probanden eventuelles Unbehagen zu nehmen und die Versuchsperson zu stärken. Mit Hilfe einer Übungsaufgabe wird der Lernende an das Laute Denken herangeführt und bekommt im Anschluss daran eine Rückmeldung, damit die Methode beim Testen der Software erfolgreich angewandt werden kann. Danach folgt die Bearbeitung des Lernarrangements. Ein leitfadengestütztes Interview bildet den Abschluss der Untersuchung.

6.1.3 Entwicklung des Interviewleitfadens

Das mit den Schülerinnen und Schülern geführte Interview schließt sich an die Bearbeitungsphase des Lernarrangements SELECTIVE an. Dazu wird die Form des leitfadengestützten, fokussierten Interviews genutzt. In dieser Interviewform ist das Ziel, „die subjektiven Erfahrungen der Personen, die sich in der vorweg analysierten Situation befinden

[aufzudecken und] [...] *nicht antizipierte Reaktionen auf Situationen festzustellen und sie zum Anlaß für die Bildung neuer Hypothesen zu nehmen*“ (Merton und Kendall 1979, S. 171). Die methodische Vorgehensweise des fokussierten Interviews sieht vor, dass nach der Beobachtungsphase (hier: Bearbeitung von SELECTIVE) eine erste Auswertungsphase folgt. In dieser Phase wird der Leitfaden für die anschließende Interviewphase abgeleitet (Reinders 2016). Dabei fällt die Auswertungsphase nur kurz aus, damit die Eindrücke der Schülerinnen und Schüler noch frisch sind. Während der Beobachtung werden zu den im Vorfeld schon konzipierten Fragen zur Verständlichkeit und Struktur des Lernarrangements weitere Fragen notiert, die sich direkt aus den Äußerungen von Schülerinnen und Schülern während der Bearbeitung ergeben. Nachdem der Leitfaden vom Beobachter erweitert wurde, erfolgte die Interviewphase. Diese Phase orientiert sich am aufgestellten Leitfaden (Reinders 2016). Zunächst wird mit unstrukturierten Fragen begonnen (Merton und Kendall 1979). Die von Reinders (2016) vorgeschobenen Phasen Begrüßung und Warm-Up fallen in diesem Fall weg, da die Schülerinnen und Schüler schon vor der Beobachtungsphase begrüßt wurden und ihnen der Ablauf des Interviews sowie die Interviewsituation dargestellt wurde. Die ersten Fragen beziehen sich auf das Erleben des Lernarrangements durch die Schülerinnen und Schüler (Tab. 5). Bei diesen Fragen („Was sagst du ganz spontan zu dieser Software?“) sind weder Stimulus noch Reaktion festgelegt. Dadurch sollen die Schülerinnen und Schüler ungeleitet ihre Eindrücke wiedergeben können (Merton und Kendall 1979). Durch die folgenden halbstrukturierten Fragen (z.B. „Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?“) sollen konkrete Erfahrungen und Erlebnisse sowie Schwierigkeiten und Verständnisprobleme mit SELECTIVE aufgedeckt werden. Konkrete Gründe für etwaige Reaktionen der Versuchspersonen werden durch strukturierte Fragen erfasst (z.B. „Ich habe gemerkt, dass du bei ... gestockt hast. Was hast du an dieser Stelle nicht verstanden? Welche Schwierigkeiten hattest du dort?“). Im letzten Teil des Interviews sollen die Schülerinnen und Schüler beschreiben, was sie durch die Bearbeitung von SELECTIVE inhaltlich dazugelernt haben. Dadurch sollen Einblicke gewonnen werden, wie die Lernprozesse aus Sicht der Lernenden eingeschätzt werden. Das Interview schließt mit offenen Fragen der Schülerinnen und Schülern sowie einer Verabschiedung. Alle Interviews wurden für die abschließende Auswertungsphase durch ein Audioaufnahmegerät dokumentiert.

Tabelle 5: Interviewleitfaden

Du hast ja jetzt lange Zeit am PC gesessen und alles gut bearbeitet. Mir hat es gefallen, dass du alles laut ausgesprochen hast.
Was sagst du denn spontan zu der Software?
Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?
Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?
Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest.
Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?
<i>Zeit für mögliche Fragen, die sich aus Beobachtung ergeben:</i>
Ich habe gemerkt, dass du bei ... gestockt hast. Was hast du da nicht verstanden? Welche Schwierigkeiten hattest du dort?
An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?
Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?
In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?
Wann hast du bei der Bedienung Schwierigkeiten gehabt?
Hast du noch Fragen an mich?
Dann möchte ich dich noch bitten, nicht mit deinen Mitschülern über Inhalte der Software zu sprechen; das ist ganz wichtig für mich, damit niemand vorher weiß, was hier passiert.
Was machst du heute noch?
Ich danke dir für deine Unterstützung bei meinem Projekt und wünsche dir noch einen schönen Tag.

Durch die Weiterentwicklung des Prototyps blieb es nicht aus, auch den Untersuchungsablauf weiterzuentwickeln, um die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler weiter zu spezifizieren (Prediger et al. 2012). Das Interview wurde somit durch zwei zusätzliche Fragen ergänzt. Zunächst wurde vor der Beobachtungsphase eine inhaltliche Frage zur evolutiven Entwicklung des Rüssels bei Elefanten gestellt. Dazu wurden dem Probanden zwei Bilder gezeigt (Anhang 11.15 und 11.16). Auf dem ersten Bild ist der Vorfahre der heutigen Elefanten zu erkennen, das Moeritherium, und auf dem anderen ist ein afrikanischer Elefant abgebildet. Die

Schülerinnen und Schüler sollten nun die evolutionäre Entwicklung des Rüssels erklären. Die Frage wurde nochmals als letzte des Interviews gestellt, bevor die Verabschiedung stattfand. Durch diese Fragen soll zusätzlich zu den Aussagen der Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung des computerbasierten Lernarrangements (Methode des Lauten Denkens) aufgezeigt werden, über welche Vorstellungen sie vor und nach der Bearbeitung verfügen. Das offene Aufgabenformat bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, ihre Denk- und Argumentationsweisen aufzuzeigen (Hammann und Jördens 2014) und zeigt zugleich, ob eine zumindest kurzfristige Veränderung der Vorstellung vorliegt.

6.1.4 Lautes Denken und Videographie

Die Methode des Lauten Denkens wird verwendet, um „*die im Individuum ablaufenden Kognitionen zu erfassen*“ (Weidle und Wagner 1994, S. 83). Dies geschieht dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler möglichst alle Gedanken laut aussprechen sollen (Frommann 2005, Sandmann 2014), im vorliegenden Fall während der Bearbeitung von SELECTIVE. Die Gedanken werden dabei unreflektiert und direkt während ihres Ablaufes wiedergegeben (Knoblich und Öllinger 2006). Das soll die Einsicht in die direkten Denkabläufe der Schülerinnen und Schüler ermöglichen und stellt somit einen Vorteil gegenüber anderen Methoden, wie z.B. dem Interview dar. Im Interview müssen die Schülerinnen und Schüler im Nachhinein reflektieren und rekonstruieren können, wie sie eine Aufgabe gelöst haben (Terzer, Patzke und Upmeier zu Belzen 2012). Das Laute Denken wird deshalb als weniger anfällig für Fehler angesehen, da z.B. Vergessensprozesse entfallen (Bannert 2007). Die Methode des Lauten Denkens wird in diesem Fall für zweierlei Dinge angewendet. Zum einen soll der Prototyp getestet und evaluiert werden (Frommann 2005), zum anderen sollen Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler erfasst werden, indem die Gedankenausprache Aufschlüsse über die Vorstellungen der Lernenden während der Bearbeitung des Lernarrangements SELECTIVE gibt (Bannert 2007). Damit diese Anwendung gelingt, sollten Interaktionen zwischen Versuchsleitung und Lernendem vermieden und eine Beeinflussung der Denkprozesse begrenzt werden (Terzer et al. 2012). Eine wertungsfreie und tolerante Atmosphäre sind hierfür Voraussetzung (Bilandzic 2005). Lediglich zum Reden animierende Aussagen sollten von der Versuchsleitung vorgenommen werden (Ericsson und Simon 1993, Sandmann 2014). Durch die o.g. Aufgabe mit dem Programm „Paint“ wird das Laute Denken eingeübt, sodass beim eigentlichen Bearbeitungsprozess möglichst wenig Eingriffe durch die Versuchsleitung stattfinden (Bilandzic 2005). Bise (2008) merkt an, dass die Verbalisierungen

des Denkens eventuell den Bearbeitungsprozess des Lernarrangements negativ beeinflussen kann. Zur Vermeidung dessen muss den Schülerinnen und Schülern klargemacht werden, dass sie laut Denken aber nicht reflektieren sollen (Bise 2008). Neben den Audioaufnahmen können durch die Videographie auch Mimik und Gestik erhoben und später analysiert werden. Dies bringt den Vorteil, dass die Audioinformationen in bestimmten Situationen besser interpretiert werden können (Reinders 2016). Durch die Aufnahme des Bildschirms können zudem die Interaktionen mit dem Programm besser eingeordnet und analysiert werden. Tuma, Schnettler und Knoblauch (2013) beschreiben den Vorgang der Videographie folgendermaßen: *„Forschende gehen ins Feld und fokussieren die Videokamera auf alltägliche Situationen, in denen Akteure handeln, und analysieren, wie sie es tun“* (Tuma et al. 2013, S. 10). In diesem Fall wird also ein Lernender in seinem Bearbeitungsprozess gefilmt und sein Handeln im Anschluss daran analysiert und ausgewertet. Dabei bearbeitet der Lernende SELECTIVE in seinem gewohnten Lernumfeld, der Schule.

6.2 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Daten geschieht durch eine Transkription der Videomitschnitte. Ein Transkript *„ist die grafische (schriftliche) Darstellung eines Interviews, deren Zweck die Konservierung und Analysierbarkeit der im Interview erhobenen Daten ist“* (Reinders 2016). Zu diesem Zweck sollten neben der reinen Verschriftlichung des Gehörten auch Mimik und Gestik, sowie die Parasprache der Schülerinnen und Schüler verschriftlicht werden (Tuma et al. 2013). Mayring (2016) spricht dabei von einer kommentierten Transkription. Somit besteht die Notwendigkeit, vor der eigentlichen Transkription einige Überlegungen anzustellen, damit alle relevanten und wichtigen Daten aufgenommen werden. Reinders (2016) formuliert dafür vier Fragestellungen, in denen es um Datentiefe (Welche Informationen werden benötigt?), mitgeschriebene Informationen der Beobachtung (Wie werden diese Daten eingebunden?), einheitliche Transkription und Notationsregeln (Tab. 6) geht.

Tabelle 6: Notationsregeln

Notation	Bedeutung
(.) (..) (...)	Kurze Sprechpausen: ein Punkt ca. 1 Sekunde
(4 sek)	Längere Sprechpausen: Anzahl der Sekunden in Klammern
(lacht)	Charakterisierung parasprachlicher Vorgänge oder Handlungen in runden Klammern
[Kommentar]	Kommentar des Transkribierenden zur Mimik, Gestik und Interpretation des Gehörten oder Zwischenfragen bzw. Bemerkungen des Beobachters während der Videographie
[nicht verstanden]	Unverständlicher Teil des Transkriptes

Die Transkripte der Videomitschnitte aus der Bearbeitungsphase und aus den Interviewphasen wurden alle mit Hilfe des Programmes „f4transkript Pro-Version“ angefertigt.

6.3 Datenanalyse

Die Auswertung und Analyse der erhobenen Daten ist angelehnt an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2016) und verläuft nach dem generellen Ablaufschema qualitativer Inhaltsanalysen von Kuckartz (2012) (Abb. 14). Der Grundgedanke dabei ist, Texte systematisch zu analysieren, indem die erhobenen Daten schrittweise durch ein am Material

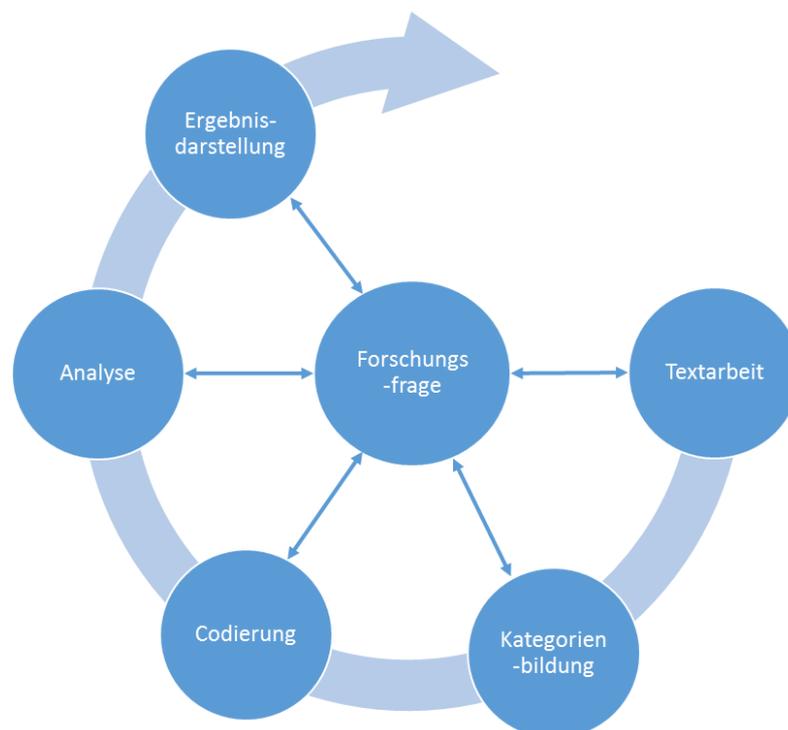


Abbildung 14: Generelles Ablaufschema der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz 2012

entwickeltes Kategoriensystem bearbeitet werden (Mayring 2016). In dieser Studie bildet die evaluative qualitative Inhaltsanalyse die Grundlage der Auswertung. Diese Teilform beinhaltet die „Einschätzung, Klassifizierung und Bewertung von Inhalten durch die Forschenden“ (Kuckartz 2012, S. 98). Dabei wird ein Kategoriensystem erstellt, das es ermöglicht, das Textmaterial eindeutig zuzuordnen (Mayring 2016).

Im ersten Schritt (Textarbeit) wird der jeweils von den Schülerinnen und Schülern ausgewählte Satzbaustein mit der dazugehörigen Erläuterung bzw. Begründung der Bausteinauswahl durch das Laute Denken zusammengefasst. Für jeden Lernenden entsteht so eine Tabelle, in der die getroffenen Begründungen dem gewählten Satzbaustein gegenüberstehen (Anhang 11.17). Diese Tabellen sind Fallzusammenfassungen, die dabei helfen sollen, „den analytischen Blick für die Unterschiedlichkeit der einzelnen Fälle zu schärfen“ (Kuckartz 2012, S. 58). Im zweiten Schritt werden induktiv Kategorien gebildet. Mit diesem Kategoriensystem können danach die Aussagen der Schülerinnen und Schüler codiert werden. Die Kategorien bilden die Begründungen der Schülerinnen und Schüler für gewählte Satzbausteine und somit für die eigenen Vorstellungen ab. Beim Codieren werden die Codierregeln von Kuckartz (2012) angewendet und eingehalten. Für eine bessere Orientierung während des Codierens werden zu jeder einzelnen Kategorie Definitionen und Ankerbeispiele tabellarisch aufgelistet (Mayring 2016, Anhang 11.19).

Die Analyse der Kategorien erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst werden sie in einer einfachen kategorienbasierten Auswertung deskriptiv dargestellt. Im Anschluss daran werden für jeden einzelnen Lernenden sieben Segmentmatrizen erstellt. Segmentmatrizen sind Übersichten, um Zusammenhänge von bewertenden Kategorien (Kategoriensystem, s. Kap. 7.1) und thematischen Kategorien (Kategorien der Satzbausteine, s. Kap. 5.1) darzustellen (Kuckartz 2012). In diesem Fall werden alle Schülerinnen und Schüler einzeln betrachtet und auf diese Weise wird eine Einzelfallinterpretation durchgeführt. Jede Segmentmatrix bildet dabei eine der sieben thematischen Satzbaustein-kategorien ab. Bei der Analyse kann somit die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler und deren Um- bzw. Neukonstruktion detailliert in Bezug auf einzelne Teilfehlvorstellungen betrachtet werden. Nur durch eine Betrachtung aller Fälle können Lernprozesse erhoben werden, um schließlich SELECTIVE weiterzuentwickeln bzw. um schlussendlich ein didaktisch gestaltetes, für den Unterricht geeignetes Lernarrangement zu präsentieren (Prediger et al. 2012). Im letzten Schritt werden

die Ergebnisse aller einzelnen Schülerinnen und Schüler vergleichend analysiert, und die o.g. Unterschiedlichkeit wird herausgearbeitet.

Der Prä-Post-Test in Interviewform wird auf die gleiche Art und Weise ausgewertet wie die Begründungen der Satzbausteine. Der Rest des Interviews, bei dem es hauptsächlich um Verständnis und Gestaltung von SELECTIVE geht, wird ebenfalls kategorienbasiert durch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2016) ausgewertet. Hier werden die Fallzusammenfassungen nicht nach Lernendem sondern nach einzelnen Fragestellungen des Interviews aufgestellt (Anhang 11.14, Interviewleitfaden). Außerdem werden hier keine Segmentmatrizen erstellt sondern tabellarische Übersichten, in denen alle Lernenden eines Zyklus gleichzeitig betrachtet werden. Eine solche tabellarische Übersicht ermöglicht die Identifikation von Schwierigkeiten oder Problemen, die die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung von SELECTIVE haben und verschafft einen guten Überblick über das Antwortverhalten aller Lernenden innerhalb eines Zyklus (Kuckartz 2012).

Diese Analyse der Lernprozesse durch die qualitative Inhaltsanalyse ermöglicht es, Informationen über die Eignung des Lernarrangements SELECTIVE zu erlangen. So wird deutlich, ob die inhaltliche und didaktische Gestaltung für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 geeignet ist, ob etwaige Schwierigkeiten bei der Bearbeitung des Lernarrangements auftreten und wie dieses weiterentwickelt werden kann. Zudem wird dadurch erkennbar, ob SELECTIVE geeignet ist, eine Veränderung der Fehlvorstellungen hin zu wissenschaftlichen Vorstellungen fördern zu können. Eine zusätzliche Auswertung und Analyse der von den Schülerinnen und Schülern gewählten Satzbausteine in Verbindung mit den kategorisierten Aussagen der jeweiligen Schülerinnen und Schüler zeigt, inwieweit sich SELECTIVE als Diagnoseinstrument eignet.

7 Ergebnisse

7.1 Kategoriensystem und kategorienbasierte Auswertung

Zur Analyse der Aussagen beim Lauten Denken der Schülerinnen und Schüler zu den einzelnen Satzbausteinen des Lernarrangements wurde mittels der evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse ein Kategoriensystem entwickelt. Dies ermöglicht Einblicke in die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler und in das Verständnis von SELECTIVE.

Tabelle 7: Kategoriensystem

Kategorie			
Begründung	inhaltlich	richtig	Wissenschaftliche Vorstellung
			Video
			Bezug zu anderen Satzbausteinen
			Begriffsnennung
			Transfer
		teilweise richtig	Wissenschaftliche Vorstellung + Fehlvorstellung
			Nicht vollständig
			Begriffsnennung + Fehlvorstellung
		falsch	Aktive Anpassung
			Zielgerichtet
			Typologisch
			Anthropomorph
	Lamarckistisch		
	Lernen von den Eltern		
	Bezug zu anderen Satzbausteinen		
	strukturell	Fehlinterpretation Satzbaustein	
		Zuvor gelernt	
		Gleicher Satzaufbau	
		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt	
Detailreicher			
Satzende			
Keine Begründung	Einzige Auswahlmöglichkeit		Zustimmung
			Vermutung
			Unsicherheit
			Unwissenheit
			Ohne Aussage

Das Kategoriensystem besteht aus 27 Kategorien, die hierarchisch dargestellt werden (Tab. 7). Die einzelnen Kategorien werden im Folgenden getrennt beschrieben und definiert. Zudem werden einzelne Schüleraussagen als Ankeritems genutzt. Die Häufigkeiten der Schüleraussagen werden mit Hilfe der deskriptiven Statistik in einer Übersichtstabelle nach der Beschreibung der einzelnen Kategorien dargestellt (Tab. 8, S. 67).

Zunächst ist festzustellen, dass eine getroffene Aussage eines Lernenden entweder eine Begründung (B) oder keine Begründung (kB) für den gewählten Satzbaustein darstellt. Wird eine Begründung angeführt, so kann diese inhaltlich (i) oder strukturell (s) sein. Inhaltliche Aussagen werden dann nochmals in richtig (r), teilweise richtig (tr) oder falsch (f) eingeordnet (Tabelle 6). Eine Übersicht der Abkürzungen findet sich auf der Ausklappseite (Anhang 11.21). Durch die Aussagen der Lernenden zur Satzbausteinauswahl aus der gleichen Satzbausteinkategorie (z.B. Entwicklungsebene oder zeitliche Dimension, Kap. 5.1) in verschiedenen Beispielen (Gepard, Ente, Kaktus, Brombeere) können Lernprozesse abgeleitet und analysiert werden.

Begründung inhaltlich richtig (Bir)

Kategorie: wissenschaftliche Vorstellung (Bir)

Die Schülerinnen und Schüler begründen ihre Satzbausteinauswahl durch eine wissenschaftlich korrekte Aussage. Folgende Ankeritems verdeutlichen dies: „*Der Jagderfolg sichert das Überleben*“ (Schülerin1 (Sn1), Frage1 (F1), Satzbaustein4 (SB4)) oder „*wenn quasi die Vorfahren der Kakteen das nicht konnten, dann kann es ja nicht vererbt worden sein*“ (Sn1, F2, SB2). Zusätzlich gibt es Aussagen, die einen bestimmten Satzbaustein durch eine Fehlvorstellung, die von den Lernenden als falsch angesehen wird, ausschließen. Auch dies ist eine wissenschaftlich korrekte Aussage. „*‘Waren öfter im Wasser und so entstanden’, könnte zwar sein, aber es wäre dann, wie als hätten sie es gelernt*“ (Sn1, F3, SB2). Insgesamt wird diese Begründung 43-mal von elf Schülerinnen und Schülern geäußert und ist somit die am häufigsten vorkommende inhaltlich richtige Begründung.

Kategorie: Video (Bir)

Die Hälfte aller Lernenden begründet insgesamt neun Mal ihre Auswahl auf Grundlage des gesehenen bzw. der gesehenen animierten Videos und geben in diesem Zusammenhang eine wissenschaftlich korrekte Begründung ab. Folgendes Ankeritem veranschaulicht diese

Kategorie: *„Ich wähle jetzt aus ‚konnten durch eine zufällige Mutation‘, weil ich habe im Video gesehen, dass sich durch Mutation auch die Eigenschaften der Lebewesen verändern“* (Schüler 3 (S3), F2, SB2).

Kategorie: Bezug zu anderen Satzbausteinen (Bir)

Diese Kategorie beschreibt alle Begründungen der Schülerinnen und Schüler, die sich dabei auf vorhergehende oder nachfolgende Satzbausteine beziehen und eine inhaltliche Begründung dazu nutzen. Dies zeigt sich z.B. durch folgende Aussage: *„‘deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren‘, ja, weil die es halt weitervererbt gekriegt haben“* (S10, F1, SB6). Sieben Schülerinnen und Schüler haben insgesamt elf Mal diese Begründung genutzt.

Kategorie: Begriffsnennung (Bir)

Dieser Kategorie werden alle Aussagen der Lernenden zugeordnet, die einen korrekten Fachbegriff nennen, ohne diesen im Zusammenhang zu erläutern: *„Wegen der Evolution“* (S10, F2, SB1) ist eine solche Begriffsnennung oder aber auch die Aussage *„über viele Generationen vollzog sich dann diese Entwicklung [...], weil das ja bei der Evolution eigentlich immer so ist“* (Sn5, F3, SB7). Durch diese Items wird deutlich, dass einige Schülerinnen und Schüler den Begriff Evolution als Begründung hinreichend finden. Insgesamt können drei Aussagen von drei Schülerinnen und Schülern dieser Kategorie zugeordnet werden.

Kategorie: Transfer (Bir)

Die letzte Kategorie, die sich zu den inhaltlich richtigen Begründungen zählen lässt, ist der Transfer. Hier finden sich alle Aussagen wieder, die das vorliegende Beispiel korrekt auf andere Beispiele aus der Natur oder dem Alltag übertragen. So argumentiert ein Schüler in Bezug auf die zeitliche Dimension folgendermaßen: *„und das hat sich über mehrere Generationen vollzogen [...], weil das ansonsten viel zu schnell ginge [...], sonst könnte man ja sehen, dass meine Eltern z.B. wesentlich anders wären als ich, so vom Können her etc.“* (S6, F1, SB7). Diese Transferleistung wurde von zwei Schülern in zwei Aussagen vollbracht.

Begründung inhaltlich teilweise richtig (Bitr)

Kategorie: Wissenschaftliche Vorstellung + Fehlvorstellung (Bitr)

Diese Kategorie beinhaltet alle Aussagen, die die wissenschaftlich korrekte Sichtweise mit einer Fehlvorstellung (s. „Begründung inhaltlich falsch“) verknüpft. Da nur drei Schülerinnen und Schüler in vier verschiedenen Begründungen eine Fehlvorstellung mit der wissenschaftlichen Vorstellung verbunden haben, wurde nicht mehr unterschieden, welche Fehlvorstellungen genannt wurden, sondern alle dieser Kategorie zugeordnet. Eine Konkretisierung findet sich allerdings in den Ergebnissen der Segmentmatrizen der einzelnen Schülerinnen und Schüler (s. Kap. 7.2.1; 7.3.1; 7.4.1 und 7.5.1). Diese Begründung wird folgendermaßen geäußert: *„Ich habe jetzt ‚einige Geparde‘ ausgewählt, da wahrscheinlich nicht alle Geparde die Laufgeschwindigkeit erhöhen, also dadurch schneller geworden sind, da sie das gemerkt haben, dass sie die Beute halt schneller erwischen müssen“* (S11, F1, SB1). Im ersten Teil der Aussage steckt die wissenschaftlich korrekte Sichtweise und im zweiten Teil die Fehlvorstellung der aktiven Anpassung.

Kategorie: nicht vollständig (Bitr)

Wenn Schülerinnen und Schüler eine wissenschaftliche Aussage tätigen, die korrekt ist aber nur einen gewissen Teil der kompletten Vorstellung betrifft, dann wird diese Begründung der Kategorie „nicht vollständig“ zugeordnet. Im Bereich der teilweise richtigen inhaltlichen Begründung ist das die am häufigsten auftretende Kategorie. Sie wird in 26 Aussagen von zehn Schülerinnen und Schülern gefunden. So beschreibt ein Schüler: *„diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen‘, weil es länger dauert“* (S4, F3, SB7). Der Aspekt der Vererbung oder aber die nähere Beschreibung des Wortes „länger“ wird hier von dem Schüler nicht genannt.

Kategorie: Begriffsnennung + Fehlvorstellung (Bitr)

Diese Kategorie ähnelt der ersten aus dem Bereich der teilweise richtigen Aussagen. Hier wird ein inhaltlich korrekter Fachbegriff genannt, nicht näher beschreiben und zugleich mit einer Fehlvorstellung verknüpft. Diese Kategorie kann nicht in den Aussagen der Schülerinnen und Schüler zu den Satzbausteinen gefunden werden, findet sich aber in den Antworten des Prä-Post-Testes (s. Kap 7.3.2; 7.4.2 und 7.5.2). Dort gibt es z.B. folgende Aussagen: *„Dass es einfach durch die Evolution gekommen ist; Stück für Stück; dass es notwendiger wurde“* (S4, Prätest).

Begründung inhaltlich falsch (Bif)

Kategorie: Aktive Anpassung (Bif)

Alle Aussagen, in denen die Lernenden ihre Auswahl durch die aktive Anpassung von Lebewesen an die Umwelt begründet haben, fallen dieser Kategorie zu. *„Die Entwicklung hat ja immer was damit zu tun, dass die sich anpassen“* (Sn1, F1, SB2) oder *„die Stacheln zum Klettern, um den Halt zu haben“* (S4, F4, SB3) sind zwei solcher Beispielaussagen. Insgesamt wurden dieser Kategorie vier Aussagen von drei verschiedenen Schülerinnen und Schülern zugeordnet.

Kategorie: Zielgerichtet (Bif)

Diese Kategorie steht für die am häufigsten auftretende Fehlvorstellung in der Stichprobe. Fünf Aussagen von drei Schülerinnen und Schülern konnten hier eingeordnet werden. Dabei wird die Auswahl durch eine zielgerichtete Anpassung von Lebewesen an ihre Umwelt beschrieben: *„und brauchten dann Stacheln zum Hochklettern, deswegen nehme ich ‚Stacheln zum Klettern‘“* (S11, F4, SB3).

Kategorie: Typologisch (Bif)

„Ich nehme hier erst mal ‚alle Geparde‘, weil das ist ja so ein bisschen von der ganzen Art die Entwicklung“ (S8, F1, SB1) beschreibt diese Kategorie sehr genau. Alle Aussagen, die durch eine gleichförmige Entwicklung aller Lebewesen einer Art begründet werden, werden hier zugeordnet. Drei Lernende treffen hier je eine typologische Aussage.

Kategorie: Anthropomorph (Bif)

Lediglich ein Schüler begründet seine Auswahl, indem er menschliche Eigenschaften auf die in SELECTIVE vorkommenden Lebewesen überträgt. *„Durch den regelmäßigen Wasserkontakt wurden die Speicherzellen wirksamer‘, das ist ja auch bei den Menschen so, wenn die jetzt mehr laufen, dann werden die auch schneller“* (S10, F2, SB4).

Kategorie: Lamarckistisch (Bif)

Auch in dieser Kategorie findet sich nur eine Schüleraussage wieder, in der Merkmalsveränderungen durch den Gebrauch dieses Merkmales beschrieben wird: *„mehr Wasser speichern als andere‘, dadurch haben die sich ja dann mutiert“* (S10, F2, SB3).

Kategorie: Lernen von den Eltern (Bif)

Zwei Schüler sind der Meinung, dass Eltern ihren Nachkommen das Verändern von Merkmalen beibringen. *„Ihre Nachkommen irgendwie schneller sind, da sie sich jetzt ein Beispiel an ihren Eltern nehmen“* (S3, F1, SB5).

Kategorie: Bezug zu anderen Satzbausteinen (Bif)

In dieser Kategorie beziehen sich Schülerinnen und Schüler auf Inhalte aus vorherigen oder nachfolgenden Satzbausteinen und nutzen dabei eine inhaltlich falsche Begründung. *„‘Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens einer Brombeerpflanze‘ kann auch nicht sein, weil es ja mehrere Brombeerpflanzen sind und am Anfang steht ja auch ,einige Vorfahren der Brombeerpflanzen‘“* (Sn1, F4, SB7). Dieser Kategorie werden fünf Aussagen von drei Schülerinnen und Schülern zugeordnet.

Kategorie Fehlinterpretation Satzbaustein (Bif)

Die falsche Interpretation eines Satzbausteines ist die häufigste inhaltlich falsche Begründung, die von den Schülerinnen und Schülern genannt wurde. Insgesamt wurden 13 verschiedene Bausteine von der Hälfte der Probandinnen und Probanden falsch interpretiert. So wird z.B. lernen mit vererben gleichgesetzt: *„die heutigen Enten lernen von den Eltern Schwimmhäute zu bilden‘, ich denke, dass damit gemeint ist, dass sie die DNA von den Eltern bekommen“* (Sn5, F3, SB6).

Begründung strukturell (Bs)

Kategorie: Zuvor gelernt (Bs)

Neben den inhaltlichen Begründungen wurden von den Schülerinnen und Schülern auch einige strukturelle Begründungen abgegeben. In die erste Kategorie der strukturellen Begründung fallen alle Aussagen der Lernenden, die durch zuvor in der Software gelernte Inhalte getroffen wurden. So z.B. folgende: *„ich nehme wieder ,einige Vorfahren der Kakteen‘ [...] aus dem gleichen Grund wie bei den Geparden“* (Sn9, F2, SB1). Fünf Schülerinnen und Schüler begründen ihre Wahl insgesamt sieben Mal mit dieser Kategorie.

Kategorie: Gleicher Satzaufbau (Bs)

Diese Kategorie beinhaltet acht getroffene Aussagen von vier Schülerinnen und Schülern, die ihr Auswahl durch einen gleichen oder ähnlichen Satzaufbau wie bei den Fragen zuvor

begründen. Dabei fallen Aussagen wie *„Ok, das ist ja wieder in demselben Stil“* (S8, F2, SB1) oder *„Ok, die Sätze sind ja immer nach demselben Prinzip aufgebaut“* (S1, F3, SB1).

Kategorie: Gleicher Satzaufbau/zuvor gelernt (Bs)

Durch die Wortwahl der Schülerinnen und Schüler ist nicht immer eindeutig zu bestimmen, in welche der beiden zuvor genannten Kategorien eine Aussage eingeordnet werden kann. Daher fallen alle nicht eindeutigen Begründungen, bei denen entweder die zuvor gelernten Inhalte, der ähnliche bzw. gleiche Satzaufbau oder beides der Auslöser ist, in diese Kategorie. Dies sind Aussagen wie: *„und ich denke mal, dass das wieder [...] über mehrere Generationen vollzog“* (Sn7, F3, SB7) oder *„bekamen durch eine zufällige Mutation‘, wie das letzte Mal auch“* (Sn5, F3, SB2). Das ist die am zweithäufigsten auftretende Kategorie. Insgesamt wurden hier 61 Aussagen von elf Schülerinnen und Schülern getroffen.

Kategorie: Detailreicher (Bs)

Aussagen wie *„also ich denke ich nehme dann mal das dritte, weil das ausführlich klingt“* (Sn5, F3, Sb6) oder *„das ist quasi wie das andere, nur zusammengefasst“* (Sn1, F3, SB7) beschreiben den Inhalt der Kategorie „detailreicher“, denn die Schülerinnen begründen hier ihre Auswahl dadurch, dass ein Satzbaustein detaillierter ist bzw. mehr Informationen enthält als die anderen. Fünf Schülerinnen und Schüler geben sieben Antworten dieser strukturellen Begründung ab.

Kategorie: Satzende (Bs)

Eine Schülerin begründet zweimal Ihre Nichtauswahl eines Satzbausteines dadurch, dass dieser Baustein das Ende des Satzes darstellt, obwohl noch Bausteine zu weiteren Kategorien folgen. Diese Begründungen äußern sich wie folgt: *„‘und sie hatten genug Wasser‘, das wäre ja dann schon das Ende“* (Sn1, F2, SB5) sowie *„‘und sie hatten genug zu fressen‘, das wäre quasi auch schon wie das Ende“* (Sn1, F3, SB5).

Kategorie: Einzige Auswahlmöglichkeit (Bs)

An einer Stelle des Lernarrangements SELECTIVE gibt es aus inhaltlichen Gründen nur die Möglichkeit, einen Satzbaustein in der Kategorie „Merkmal“ anzuklicken. Fünf Schülerinnen und Schüler begründen diese Auswahl („Schwimmhäute, das ist die einzige

Auswahlmöglichkeit“ (S6, F3, SB3)). Die restlichen Schülerinnen und Schüler treffen dazu keine Aussage und klicken den Baustein einfach an (s. Kategorie: Ohne Aussage).

Keine Begründung (kB)

Kategorie: Zustimmung (kB)

In einigen Fällen begründen die Schülerinnen und Schüler ihre Auswahl nicht, dennoch kann unterschieden werden, warum eine Auswahl getroffen wurde. Der Kategorie „Zustimmung“ werden alle Aussagen zugeordnet, in denen die Lernenden eine Auswahl durch eine inhaltslose (innere) Zustimmung treffen. Dies zeigt sich wie folgt: *„genug zu fressen hatten‘, ja. Das würde ich sagen“* (Sn2, F1, SB5) oder *„wähl ich jetzt aus, da das so sein muss“* (S11, F1, SB2). Zehn Schülerinnen und Schüler stimmen in 29 Fällen dem Satzbaustein zu.

Kategorie: Vermutung (kB)

In 36 Fällen vermuten zehn Schülerinnen und Schüler, dass eine Antwort richtig oder falsch ist. So finden sich hier Aussagen wie *„ich klicke jetzt auf die Texte, bei denen ich denke, dass es richtig ist“* (S3, F1, SB2) wieder.

Kategorie: Unsicherheit (kB)

Sechs Schülerinnen und Schüler äußern elf Mal ihre Unsicherheit. Diese Aussagen sind mit den folgenden vergleichbar: *„Ich hoffe das ist das richtige, weil beim letzten Mal habe ich einen Fehler gemacht an der Stelle“* (Sn5, F4, SB6) oder *„Da bin ich jetzt grad nicht sicher, welches ich anklicken soll“* (S6, F2, SB6).

Kategorie: Unwissenheit (kB)

„Ich habe keine Ahnung, ob das richtig ist“ (Sn2, F2, SB4) beschreibt diese Kategorie sehr gut. Drei Schülerinnen äußern ihre Unwissenheit in vier Fällen.

Kategorie: Ohne Aussage (kB)

Sobald Schülerinnen und Schüler ihre Auswahl nicht begründen und nur den Satzbaustein vorlesen oder ihn ohne Kommentar anklicken, werden sie dieser Kategorie zugeordnet. „Ohne Aussage“ tritt 75-mal auf und ist damit die am häufigsten auftretende Kategorie. Alle Schülerinnen und Schüler machen von ihr Gebrauch.

Tabelle 8: Anzahl der Aussagen der Schülerinnen und Schüler zur Auswahl der Satzbausteine

Kategorie			Gesamtanzahl Aussagen	Anzahl SuS	
Begründung	inhaltlich	richtig	Wissenschaftliche Vorstellung	43	11
			Video	9	6
			Bezug zu anderen Satzbausteinen	11	7
			Begriffsnennung	3	3
			Transfer	2	2
		teilweise richtig	Wissenschaftliche Vorstellung + Fehlvorstellung	4	3
			Nicht vollständig	26	10
			Begriffsnennung + Fehlvorstellung	0	0
		falsch	Aktive Anpassung	4	3
			Zielgerichtet	5	3
			Typologisch	3	3
			Anthropomorph	1	1
			Lamarckistisch	1	1
			Lernen von den Eltern	2	2
	Bezug zu anderen Satzbausteinen		5	3	
	Fehlinterpretation Satzbaustein	13	6		
	strukturell	Zuvor gelernt	7	5	
		Gleicher Satzaufbau	8	4	
		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt	61	11	
		Detailreicher	7	5	
Satzende		2	1		
Einzige Auswahlmöglichkeit		5	5		
Keine Begründung	Zustimmung	29	10		
	Vermutung	36	10		
	Unsicherheit	11	6		
	Unwissenheit	4	3		
	Ohne Aussage	75	12		

Insgesamt wurden 377 Textstellen von 12 Schülerinnen und Schülern einer von 27 definierten Kategorien zugeordnet. Die Aussagen lassen sich zunächst einer übergeordneten Kategorie zuordnen. So kann festgehalten werden, ob die Schülerinnen und Schüler eine Begründung oder keine Begründung für ihre Auswahl abgegeben haben. In 59% der Fälle begründen die Lernenden ihre Satzbausteinauswahl, die anderen 41% liegen im Bereich „keine Begründung“. Sieht man sich die Begründungen näher an, so wird deutlich, dass mehr inhaltliche (59%) als strukturelle Begründungen (41%) verwendet werden. Die inhaltlichen Begründungen können nun ebenfalls nochmal aufgeteilt werden in ‚richtig‘, ‚teilweise richtig‘ und ‚falsch‘. Ca. 51% aller Schülerinnen und Schüler begründen ihre Auswahl inhaltlich richtig, 23% geben eine teilweise richtige Begründung ab, und 26% der Lernenden begründen ihre Auswahl inhaltlich falsch. Um festzustellen, wie die einzelnen Schülerinnen und Schüler ihre Auswahl im Laufe der Bearbeitung von SELECTIVE begründen, werden diese anhand von Segmentmatrizen analysiert. Dadurch können Lernprozesse abgeleitet und erhoben werden, denn nicht das Anklicken verschiedener Satzbausteine zeigt, wie und ob sich die Vorstellungen verändern, sondern erst die Aussagen der Schülerinnen und Schüler können darüber Aufschluss geben.

7.2 Erster Zyklus

7.2.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen

Im Folgenden werden die Ergebnisse des ersten Zyklus (Schülerin 1, Schülerin 2 und Schüler 3) detailliert anhand von Segmentmatrizen dargestellt. Dazu wird jeder der drei Lernenden einzeln betrachtet und die Auswahl der Satzbausteine mit den jeweiligen Begründungen der Schülerinnen und Schüler in Verbindung gebracht. Die jeweiligen Transkripte zu der Satzbausteinwahl finden sich im Anhang (Anhang 11.17).

Schülerin 1

Entwicklungsebene (s. Tab. 9)

Schülerin 1 hat im Bereich der Entwicklungsebene in allen vier Beispielen den korrekten Satzbaustein gewählt. Im ersten Beispiel (Gepard) stellt sie eine inhaltslose Vermutung an. Nach dem Betrachten des Videos begründet sie ihre Entscheidung im zweiten Teil (Kaktus) durch das zuvor Gesehene. Die Entwicklungsebene der Ente wird durch zwei Aussagen begründet. Zum einen durch eine strukturelle (gleicher Satzaufbau) und zum anderen durch eine inhaltlich richtige Begründung (wissenschaftliche Vorstellung). Im letzten Beispiel bezieht sich die Schülerin darauf, dass sie diesen Zusammenhang schon zuvor gelernt hat.

Tabelle 9: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
			Video		1		
	strukturell		Gleicher Satzaufbau			1	
			Zuvor gelernt				1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 10)

Zu den Gründen und Auslösern der Anpassung wählt die Schülerin zunächst einen falschen Satzbaustein („merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb“), der die Notwendigkeit einer Anpassung beschreibt. Dieser Satzbaustein wird durch die inhaltlich falsche Begründung der aktiven Anpassung ausgewählt. In den folgenden Beispielen werden die korrekten Bausteine gewählt und mit der wissenschaftlichen Vorstellung (Bir) begründet. Zusätzlich wird in Beispiel 3 (Ente) eine strukturelle Begründung gegeben, da sich die Schülerin erinnert, dass es bei den Aufgaben zuvor auch eine zufällige Mutation war, die ein Grund bzw. Auslöser für die Anpassung ist.

Tabelle 10: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	1
		falsch	Aktive Anpassung	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	

Merkmal (s. Tab. 11)

Schülerin 1 wählt das Merkmal des Gepards fast richtig aus. Sie klickt an, dass er zwar ‚schneller‘ sei, aber nicht ‚schneller als andere‘. Diese Auswahl trifft sie ohne eine Aussage. Die anderen drei Satzbausteine dieser Kategorie werden korrekt ausgewählt. Im zweiten

Beispiel begründet sie ihre Auswahl durch einen Bezug zum ersten Satzbaustein (Entwicklungsebene) indem sie sagt: „und da das ja nicht alle waren“ (Sn1, F2, SB3). Beim Merkmal der Ente gibt es nur einen zu wählenden Baustein. Dies beschreibt die Schülerin. Trotz einer inhaltlich falschen zielgerichteten Begründung trifft die Schülerin im letzten Beispiel eine korrekte Wahl. Sie verweist hier zudem auf den gleichen Satzaufbau aller Beispiele.

Tabelle 11: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen SB		1		
		falsch	Zielgerichtet				1
	strukturell		Gleicher Satzaufbau				1
			Einzigste Auswahlmöglichkeit			1	
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			

Angepasstheit I (s. Tab. 12)

In der Kategorie ‚Angepasstheit I‘ wird von der Schülerin zunächst beim Beispiel (Gepard) ein falscher Satzbaustein angeklickt. Sie gibt dabei keine Begründung an, sondern vermutet, dass es sich um eine finalistische Antwort handelt („damit sie besser überleben konnten“). In den folgenden Fragen beantwortet sie diesen Teil richtig. Ihre Auswahl wird nun immer begründet. In allen drei Fällen begründet sie ihre Wahl strukturell und im Falle der Brombeere (letztes Beispiel) zusätzlich durch eine wissenschaftliche Vorstellung.

Tabelle 12: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung				1
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	
			Detailreicher		1	1	1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Angepasstheit II (s. Tab. 13)

Da die Satzbausteine der Kategorien Angepasstheit I und II softwarebedingt inhaltlich zusammenhängen (s. Kap 5.2) hat die Schülerin auch hier im ersten Beispiel eine finalistische Antwort gewählt und dabei eine Vermutung sowie ihre Unwissenheit zu dem Thema geäußert. In den folgenden Beispielen, die alle korrekt beantwortet wurden, begründet die Schülerin immer ihre Auswahl. Dies geschieht strukturell und inhaltlich, wobei bei der inhaltlichen keine falsche Begründung gegeben wird. Durch ein Ausschlussverfahren kommen diese Begründungen beim Kaktus zustande. Zunächst wird ein Satzbaustein durch den Inhalt des gesehenen Videos ausgeschlossen („und sie brachten ihren Nachkommen bei, Wasser zu speichern“). Ein Weiterer wird nicht angeklickt, da die Schülerin der Meinung ist, dass dies dann schon das Ende des kompletten Satzes bedeutet („und sie hatten genug Wasser“). Die korrekte Satzbausteinwahl wird teilweise richtig begründet, da die Schülerin wissenschaftlich einwandfrei argumentiert, dass Evolution ein nie endender Prozess ist. Neben dieser Aussage findet sich zusätzlich eine zielgerichtete Fehlvorstellung, die aber keine Auswirkung auf die richtige Auswahl des Bausteines hat. Die Auswahl des korrekten Satzbausteines der Ente wird neben dem strukturellen Ausschluss eines Satzbausteines (Satzende) wissenschaftlich korrekt begründet. Beim Beispiel der Brombeere bezieht sich die Schülerin bei ihrer Auswahl zunächst auf den vorherigen Satzbaustein und begründet, dass der gewählte inhaltlich gut daran anknüpft. Zusätzlich verwendet sie zunächst eine wissenschaftliche Begründung, der dann aber noch eine zielgerichtete Fehlvorstellung folgt. Eine weitere Begründung findet strukturell statt, indem sie diesen Satzbaustein zu den vorherigen Aufgaben in Verbindung setzt.

Tabelle 13: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
			Video		1		
		Bezug zu anderen SB				1	
		teilweise richtig	Wiss. korrekt + zielgerichtet		1		1
	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt					1
		Satzende		1	1		
Keine Begründung			Vermutung	1			
			Unwissenheit	1			

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 14)

Die Begründung der Angepasstheit wird in allen Fällen korrekt ausgewählt aber nicht begründet. Nachdem die Schülerin zunächst vermutet, was die richtige Antwort sein könnte, stimmt sie in den folgenden Fragen den korrekten Satzbausteinen nur zu.

Tabelle 14: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

		Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Keine Begründung	Zustimmung		1	1	1
	Vermutung	1			

Zeitliche Dimension (s. Tab. 15)

Im Bereich der zeitlichen Dimension wählt die Schülerin nur korrekte Satzbausteine aus. Die erste Auswahl wird wieder durch eine Vermutung angeklickt und nicht begründet. Erst in den folgenden Beispielen folgen ausschließlich Begründungen, die sowohl strukturell und inhaltlich sind. Die korrekte Wahl beim Kaktus wird durch eine wissenschaftliche Vorstellung begründet und zudem durch zuvor Gelerntes. Auch das Beispiel der Ente wird durch eine wissenschaftliche Vorstellung und strukturell durch einen gleichen Satzaufbau wie bei den Fragen zuvor begründet. Ein Satzbaustein wird von der Schülerin durch den Bezug zum ersten Satzbaustein (Entwicklungsebene) ausgeschlossen, obwohl dieser Bezug inhaltlich falsch ist.

Die Auswahl des Bausteines bei der Brombeere wird durch den gleichen Satzaufbau, also strukturell, begründet. Der inhaltlich falsche Bezug zu anderen Satzbausteinen dient hier wieder dem Ausschluss eines Satzbausteines.

Tabelle 15: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schülerin 1. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	
		falsch	Bezug zu anderen SB			1	1
	strukturell		Zuvor gelernt		1		
			Gleicher Satzaufbau			1	1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Zusammenfassung Schülerin 1

Lediglich im ersten Beispiel des Lernarrangements SELECTIVE (Gepard) zeigen sich Fehlvorstellungen in der Wahl der Satzbausteine. So wählt die Schülerin finalistische Bausteine und Bausteine, die eine Notwendigkeit der Anpassung beschreiben, aus. Zudem wird deutlich, dass die Schülerin ausschließlich im ersten Beispiel Vermutungen anstellt. In allen drei weiteren Beispielen werden Begründungen angegeben oder den Satzbausteinen zugestimmt. Durch die inhaltlich richtigen Begründungen wird deutlich, dass die Schülerin während der Bearbeitung von SELECTIVE die wissenschaftliche Sichtweise aufgreift und ihre anfänglich genannten Fehlvorstellungen (finalistisch, Notwendigkeit und aktive Anpassung) in den meisten Fällen nicht mehr anführt. Lediglich im Bereich der Zielgerichtetheit werden drei Aussagen getroffen, die sich aber nicht negativ auf die Auswahl der Bausteine auswirken. Dennoch wird hier deutlich, dass im späteren Unterricht weitere Angebote geschaffen werden müssen, damit eine wissenschaftlich korrekte Vorstellung in allen Bereichen der evolutiven Anpassung konstruiert wird.

Schülerin 2

Entwicklungsebene (s. Tab. 16)

In der Kategorie Entwicklungsebene wählt die Schülerin 2 zunächst einen falschen Satzbaustein, bevor sie dann alle weiteren Satzbausteine korrekt anklickt. Die Auswahl des ersten Satzbausteins ‚alle Geparde‘ (typologische Fehlvorstellung) wird nicht begründet. Die Schülerin äußert ihre Unsicherheit. „Das ist sehr – ja egal [unsicherer Gesichtsausdruck; unsicheres Lächeln]“ (Sn2, F1, SB1). Dies wird durch ihre Mimik unterstrichen. Die weiteren Satzbausteine der Entwicklungsebene werden gewählt, da die Schülerin dies zuvor gelernt hat bzw. einen gleichen Satzaufbau erkennt („das war ja bei den Geparden genauso“ (Sn2, F2, SB1)). Somit werden für die richtig gewählten Bausteine der Kategorie Entwicklungsebene nur strukturelle Begründungen angegeben.

Tabelle 16: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1
Keine Begründung		Unsicherheit	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 17)

Der gewählte Satzbaustein beim Beispiel Gepard beschreibt eine Notwendigkeit der Anpassung („merkten, dass ihre Beute schneller geworden war und wurden deshalb“). Diese Antwort wird von der Schülerin vermutet und nicht begründet. Die folgenden Bausteine der weiteren Beispiele werden alle strukturell begründet. Die Schülerin erkennt jedes Mal einen gleichen Aufbau der Sätze oder wendet das zuvor Gelernte auf die neuen Beispiele an. Die Gründe und Auslöser der Anpassung beim Beispiel Ente werden durch eine zusätzliche wissenschaftliche Vorstellung begründet („die können das ja nicht entscheiden“ (Sn2, F3, SB2)).

Tabelle 17: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Merkmal (s. Tab. 18)

Das Merkmal im ersten Beispiel ist fast richtig und wird ohne eine Aussage ausgewählt. Erst im zweiten Beispiel folgt eine strukturelle Begründung des gewählten Satzbausteines. Die Auswahl der weiteren Bausteine im Bereich „Merkmal“ werden wie der erste nicht begründet aber korrekt ausgewählt. Da es bei der Ente nur eine Auswahlmöglichkeit gibt, stimmt die Schülerin diesem Baustein zu. Trotz einer geäußerten Unsicherheit und Unwissenheit wird der korrekte Satzbaustein bei dem Brombeerbeispiel gewählt.

Tabelle 18: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1		
Keine Begründung	Zustimmung				1	
	Unsicherheit					1
	Unwissenheit					1
	Ohne Aussage		1			

Angepasstheit I (s. Tab. 19)

Der gewählte Satzbaustein in der Geparden-Aufgabe (‚damit sie besseren Jagderfolg hatten‘) beschreibt eine finalistische Vorstellung. Die Schülerin argumentiert aber nicht finalistisch sondern ist sich unsicher bei der Auswahl. Auch im zweiten Beispiel zeigt sie deutlich ihre Unsicherheit und zudem ihre Unwissenheit (‚Ich habe keine Ahnung, ob das richtig ist. Egal [unsicheres Lächeln]‘ (Sn2, F2, SB4)), dennoch gelingt es ihr, den richtigen Baustein anzuwählen. Erst im Beispiel der Ente begründet sie strukturell (Gleicher Satzaufbau/zuvor

Gelerntes) ihre korrekte Auswahl. Im letzten Beispiel begründet sie wiederum ihre Auswahl nicht sondern vermutet inhaltslos, dass der gewählte Satzbaustein richtig ist.

Tabelle 19: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	
Keine Begründung		Vermutung				1
		Unsicherheit	1	1		
		Unwissenheit		1		

Angepasstheit II (s. Tab. 20)

In den ersten beiden Beispielen stimmt die Schülerin den gewählten Bausteinen zu, gibt aber keine Begründung dafür ab. Sie wählt zunächst wieder einen finalistischen Baustein, der zusätzlich zu dieser Fehlvorstellung nur Teile der Angepasstheit darstellt. Der Aspekt der Vererbung wird dabei nicht bedacht. Im zweiten Beispiel stimmt sie dann der korrekten Vorstellung zu. Eine Begründung findet sich auch in dieser Kategorie nur auf der strukturellen Ebene (Gleicher Satzaufbau/zuvor Gelerntes).

Tabelle 20: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung		Zustimmung	1	1		

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 21)

Alle Satzbausteine zur Begründung der Angepasstheit werden von der Schülerin richtig ausgewählt. In den ersten beiden Fragen vermutet sie die richtige Antwort. Das Beispiel der Ente wird durch eine wissenschaftliche Vorstellung begründet. Und der Begründung der Anpassung bei der Brombeere stimmt sie zu.

Tabelle 21: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
Keine Begründung			Zustimmung				1
			Vermutung	1	1		

Zeitliche Dimension (s. Tab. 22)

In dieser Kategorie wählt die Schülerin immer den korrekten Satzbaustein aus. Im ersten Fall stimmt sie dem Baustein ohne Begründung zu. Die zeitliche Entwicklung des Kaktus wird von ihr strukturell begründet (gleicher Satzaufbau/zuvor Gelerntes) und zusätzlich durch eine wissenschaftlich korrekte Vorstellung untermauert. Die Aussage „geht ja auch nicht ganz schnell“ (Sn2, F3, SB7) ist eine nicht vollständige inhaltliche Begründung und somit den teilweise richtigen Begründungen zuzuordnen. Die Auswahl des letzten Bausteines wird von der Schülerin strukturell begründet.

Tabelle 22: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 2. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
		teilweise richtig	Nicht vollständig			1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1		1
Keine Begründung			Zustimmung	1			

Zusammenfassung Schülerin 2

Bei dieser Schülerin zeigen sich lediglich Fehlvorstellungen im ersten Beispiel des Lernarrangements SELECTIVE (Gepard). Die falsch gewählten Satzbausteine geben finalistische (Angepasstheit), eine typologische (Entwicklungsebene) und eine Vorstellung der Notwendigkeit wieder. Diese gewählten Fehlvorstellungen werden von der Schülerin nicht begründet. In den folgenden Beispielen sind diese Vorstellungen weder in der Wahl der Bausteine noch in den Aussagen der Schülerin wiederzufinden. Dennoch wird deutlich, dass

die Schülerin selten wissenschaftlich korrekt argumentiert sondern eher strukturelle Begründungen abgibt oder aber den Aussagen der Bausteine einfach zustimmt.

Schüler 3

Entwicklungsebene (s. Tab. 23)

Schüler 3 vermutet zunächst inhaltslos, dass sich ‚zwei Geparde‘ weiterentwickeln. Im zweiten Beispiel nimmt der Schüler keinerlei Bezug zu der Aufgabe der Geparde, dem gesehenen Video oder dem Feedback. Er wählt ‚alle Vorfahren der Kakteen‘ aus und begründet dies typologisch („wenn es jetzt alle Kakteen sind, dann müssen alle Vorfahren so sein“ (S3, F2, SB1)). Die beiden letzten Satzbausteine der Kategorie Entwicklungsebene werden korrekt gewählt. Durch seine Aussage „Oh ja, einige Vorfahren. Ja.“ (S3, F3, SB1) stimmt er dem Satzbaustein beim Beispiel Ente zu. Die Entwicklungsebene der Brombeere wird von ihm strukturell begründet.

Tabelle 23: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Typologisch		1		
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
Keine Begründung			Zustimmung			1	
			Vermutung	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 24)

In dieser Kategorie wählt der Schüler im ersten Beispiel einen falschen Baustein aus. Die weiteren Bausteine der anderen Lebewesen wurden dann korrekt angeklickt. Zunächst vermutet der Schüler, dass der Satzbaustein, der eine Notwendigkeit in den Gründen und Auslösern der Anpassung beschreibt, korrekt ist. Im Beispiel Kaktus bezieht er sich auf das zuvor gesehene Video und begründet seine korrekte Auswahl inhaltlich richtig. Ohne jegliche Aussage bleibt die Entscheidung im Beispiel Ente. Der letzte Satzbaustein dieser Kategorie wird, wie schon zuvor in diesem Beispiel, strukturell begründet.

Tabelle 24: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1		
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
Keine Begründung			Vermutung	1			
			Ohne Aussage			1	

Merkmal (s. Tab. 25)

Lediglich im ersten Beispiel wählt der Schüler einen fast richtigen Satzbaustein. Alle weiteren Merkmale werden korrekt angegeben. Der Schüler entscheidet sich ohne Aussage für ‚schneller‘ und nicht ‚schneller als andere‘. Auch im dritten Beispiel, bei dem es nur eine Antwortmöglichkeit gibt, trifft er keine Aussage. Die Merkmal-Satzbausteine von Kaktus und Brombeere werden falsch interpretiert. Er vergleicht in beiden Beispielen die Pflanzen mit anderen Lebewesen und begründet so, dass diese Eigenschaft ausgebildet wird. Dabei wird das Wort „andere“ aus den Bausteinen dieser Kategorie nicht als Vergleich innerhalb der Population verstanden sondern als Vergleich zwischen verschiedenen Arten („*ich schätze, dass auch andere Pflanzen viele Stacheln haben*“ (S3, F4, SB3)).

Tabelle 25: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein		1		1
Keine Begründung			Ohne Aussage	1		1	

Angepasstheit I (s. Tab. 26)

Die ersten beiden Beispiele werden von dem Schüler korrekt ausgewählt und in Bezug zu anderen vorhergehenden Bausteinen gestellt. Zusätzlich stimmt der Schüler dem ersten Baustein zur Angepasstheit I zu. Die Angepasstheit der Ente wird nicht begründet, da der Schüler keine Aussage trifft sondern lediglich alle Satzbausteine vorliest und sich dann für einen finalistischen entscheidet. Im letzten Beispiel ist er sich unsicher, da ihm „*mehrere*

Antworten als sinnvoll“ (S3, F4, SB4) erscheinen. Die korrekte Wahl wird nicht weiter begründet.

Tabelle 26: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen SB	1	1		
Keine Begründung			Zustimmung	1			
			Unsicherheit				1
			Ohne Aussage			1	

Angepasstheit II (s. Tab. 27)

Der Schüler begründet seine korrekte Wahl durch eine inhaltlich falsche Argumentation. Er stellt die Behauptung auf, dass die Geparde sich ein „Beispiel an den Eltern nehmen“ (S3, F1, SB5). In der zweiten Aufgabe wird das Wort „vererben“ von ihm korrekt verwendet, und er transferiert das Wissen aus der ersten Aufgabe auf das pflanzliche Beispiel „Kaktus“. Die Angepasstheit der Ente begründet er strukturell dadurch, dass auch hier wie in den Beispielen zuvor die Vererbung eine wichtige Rolle spielt. Der Schüler wählt hier ebenfalls einen finalistischen Satzbaustein aus, da softwarebedingt Angepasstheit I und II inhaltlich zusammenhängen. Seine letzte Antwort zur Angepasstheit wählt der Schüler fast richtig aus. Er schließt den richtigen Satzbaustein strukturell aus und nimmt dabei Bezug auf das vorhergehende Beispiel. Er stellt fest, dass er beim letzten Mal einen Fehler gemacht hat und bezieht dies nicht auf seine finalistische Auswahl sondern auf den Begriff der „Vererbung“.

Tabelle 27: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Transfer		1		
		falsch	Lernen von den Eltern	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 28)

In jedem Beispiel wird der Satzbaustein zur Begründung der Angepasstheit korrekt ausgewählt. Eine Begründung der gewählten Bausteine zeigt sich nur bei der Ente und der Brombeere. Hier begründet der Schüler zunächst inhaltlich richtig durch eine wissenschaftliche Vorstellung und danach strukturell durch den gleichen Satzaufbau bzw. durch zuvor Gelerntes. Im Vorfeld stellt er eine Vermutung auf, welches der richtige Baustein ist und gibt auch im zweiten Beispiel keine Begründung für seine Entscheidung an. Durch seine Aussage und seine Mimik wird deutlich, dass er sich sehr unsicher in seiner Wahl ist.

Tabelle 28: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
Keine Begründung			Vermutung	1			
			Unsicherheit		1		

Zeitliche Dimension (s. Tab. 29)

Die Kategorie „zeitliche Dimension“ wird in allen Beispielen vom Schüler korrekt ausgewählt. Bereits im ersten Beispiel zeigt der Schüler, dass er eine wissenschaftliche Vorstellung in diesem Bereich hat. Die zeitliche Entwicklung des Kaktus wird vom Schüler vermutet und nicht begründet. Die Wahl bei den Beispielen „Ente“ und „Brombeere“ wird jeweils strukturell auf Grund eines gleichen Satzaufbaues oder von zuvor Gelerntem begründet.

Tabelle 29: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schüler 3. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung			Vermutung		1		

Zusammenfassung Schüler 3

Schüler 3 wählt nicht nur im ersten Beispiel „Gepard“ fehlerhafte Satzbausteine aus sondern auch in anderen Beispielen. Satzbausteine mit typologischen Fehlvorstellungen werden in der Kategorie „Entwicklungsebene“ in den ersten beiden Aufgaben gewählt. Eine finalistische Auswahl zeigt sich in der Kategorie „Angepasstheit“ im Beispiel „Ente“. In den vorhergehenden Beispielen zur „Angepasstheit“ werden die richtigen Bausteine ausgewählt. Dabei begründet der Schüler die Auswahl inhaltlich richtig. Alle inhaltlich richtigen Begründungen zeigen sich ausschließlich in den ersten drei Aufgaben. Neben wissenschaftlichen Vorstellungen werden richtige Begründungen aufgrund des gesehenen Videos bzw. durch einen Bezug zu anderen Satzbausteinen oder einen Transfer abgegeben. Strukturelle Begründungen finden sich hauptsächlich im letzten Beispiel „Brombeere“ wieder.

7.2.2 Ergebnisse des Interviews

Nach der Bearbeitung des computerbasierten Lernarrangements SELECTIVE wurden die Schülerinnen und Schüler zur Gestaltung und Bedienung sowie zum Verständnis des dargebotenen Inhalts interviewt. Tabelle 30 fasst die Inhalte des Interviews kurz zusammen. Die kompletten Interviews finden sich im Anhang (Anhang 11.20). Auf die erste Frage „Was sagst du spontan zu der Software?“ antworten alle Schülerinnen und Schüler mit einer positiven Aussage. Schülerin 1 und Schüler 3 erwähnen zudem einen Lernerfolg. Schülerin 2 beschreibt, dass die Fragen in SELECTIVE ähnlich aufgebaut sind. Schülerin 1 und Schüler 3 würden SELECTIVE ihren Mitschülerinnen und -schülern weiterempfehlen. Schülerin 2 würde in ihrer Klasse von dem Aufbau des Lernarrangements berichten. Als Schwächen von SELECTIVE sehen die Schülerinnen und Schüler Fehler (Sn1), wie z.B. ruckelnde Videos oder falsche Buttons, die inhaltliche Wiederholung in den Fragestellungen und Satzbausteinen (Sn2, S3) und die Anzahl der Bausteine (S3) an. Stärken hingegen werden in dem Gesamtkonzept des Lernarrangements (Sn1) sowie den Videos und dem Feedback (Sn2) gesehen. Schwierigkeiten bei der Bedienung werden von keinem Lernenden beschreiben. Lediglich die Unlust des Schülers 3 beim Lesen wird zum Ausdruck gebracht. Schüler 3 drückt zudem seine Unsicherheit beim Verständnis einzelner Satzbausteine aus.

Tabelle 30: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 1 (Schülerin 1, Schülerin 2 und Schüler 3). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.

Frage	Schülerin 1	Schülerin 2	Schüler 3
Was sagst du denn spontan zu der Software?	Positive Äußerung Spaß beim Bearbeiten Lernerfolg geäußert	Lustige Bilder Satzaufbau bei den Fragen ähnlich	Positive Äußerung Hilfreich um das Thema zu verstehen Lernerfolg geäußert
Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?	Empfehlung	Fragen mit Feedback und Video	Empfehlung Inhalt der Software
Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?	Ruckelnde Videos (Schwäche) Falscher Button (Schwäche) Positive Äußerung zum Gesamtkonzept (Stärke)	Wiederholung (Schwäche) Video (Stärke) Feedback (Stärke)	Viele Bausteine (Schwäche) Wiederholung (Schwäche)
Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest.	Keine Schwierigkeiten Bedienung gut erklärt Feedback sehr gut	Keine	Unlust Feedback zu lesen, dadurch kein Button „zum Video“
Du hast am Anfang gesagt, Entwicklung hat mit Anpassung zu tun. Was meintest du damit?	Aktive Anpassung <i>Nachfrage: Wurde dir das in der Software auch so erklärt?</i> Wiss. Vorstellung	-	-
Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?	Vererbung Zufälligkeit Nicht aktiv	Mutation Entwicklungsebene Fast alles	Mutation ist zufällig Vererbung der Merkmale von Vater und Mutter
An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?	-	Alles verstanden	Bei einzelnen Bausteinen Unsicherheit
Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?	Gestaltung ist ansprechend Für viele Altersgruppen geeignet	Weniger Satzbausteine	-
In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?	-	Als alles richtig war	Als alles richtig war
In welchen Momenten hast du Langeweile verspürt?	-	Bei der letzten Frage, gleicher Aufbau, vorher spannend	Kein Moment

Auf die Frage „Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?“ wird von Schülerin 2 der Vorschlag gemacht, weniger Satzbausteine anzuwenden. Weitere Gestaltungsvorschläge werden nicht gemacht. Freude bei der Bearbeitung wird von den Lernenden empfunden, wenn sie alles richtig ausgewählt haben. Langeweile wurde nur von Schülerin 2 bei der Bearbeitung der letzten Aufgabe empfunden, da dort der gleiche Aufbau wie zuvor zu erkennen war. In der Selbsteinschätzung, was die Schülerinnen und Schüler gelernt haben, werden verschiedene Antworten gegeben. Schülerin 1 beschreibt, dass sie nun

weiß, was Vererbung ist, dass die Zufälligkeit für sie neu ist und dass Evolution kein aktiver Prozess ist. Schülerin 2 hingegen beschreibt, dass für sie fast alles neu war und sie vor allem gelernt hat, dass sich nicht alle Individuen einer Art gleichzeitig entwickeln, sondern nur einige und dass dies durch Mutationen geschehen kann. Schüler 3 antwortet auf diese Frage, dass er gelernt hat, dass Mutationen zufällig sind und dass Merkmale von Vater und Mutter an Kinder vererbt werden.

7.2.3 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE

Aufgrund der Antworten auf die Fragen des Interviews wurden wenige Änderungen an Aufbau und Struktur von SELECTIVE vorgenommen. Durch die Aussagen von Schülerin 1, die Fehler im Aufbau des Lernarrangements (falsche Beschriftung von Buttons) feststellte, wurden diese behoben. Ein neuer „Standard HTML Video Player“ des jeweiligen Browsers wurde in SELECTIVE eingepflegt, damit die Videos ohne Ruckeln in den verschiedensten Browsern abgespielt werden können. Zudem wurden alle Buttons auf Fehler überprüft und gegebenenfalls ersetzt. Eine weitere Änderung wurde im Untersuchungsdesign vorgenommen. Durch die Analyse des Lauten Denkens ist aufgefallen, dass die Schülerinnen und Schüler vor allem im ersten Beispiel „Gepard“ des Lernarrangements keine bzw. wenige Begründungen angeben, dort aber die meisten fehlerhaften Satzbausteine auswählten. Um zu analysieren, ob die Satzbausteinauswahl im ersten Beispiel die Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler widerspiegelt, wird das Untersuchungsdesign durch einen Prätest erweitert. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler vor der Bearbeitung von SELECTIVE folgende offene Frage zur evolutiven Entwicklung des Rüssels bei Elefanten beantworten: „Die Vorfahren von Elefanten (Moeritherien) hatten nur einen kurzen Rüssel. Die heutigen Elefanten haben einen langen Rüssel. Wie kannst du dir die Entwicklung des Rüssels bei den Elefanten erklären?“ Dabei wurde hier ein bekanntes zoologisches Beispiel genau wie zu Beginn des Lernarrangements eingesetzt, damit die Vorstellung der Schülerinnen und Schüler möglichst konsistent bleibt (Brennecke 2015). Den Schülerinnen und Schülern werden zur Beantwortung der Frage zwei Bilder gezeigt. Zum einen das Bild eines Moeritheriums, das der Vorfahre aller heute lebenden Elefanten ist, und ein Bild eines afrikanischen Elefanten.

Die Analyse der Ergebnisse zeigt zudem, dass die Schülerinnen und Schüler im letzten Beispiel „Brombeere“ fast keine Fehler mehr machen und ihre Antworten meist strukturell begründen. Da nun nicht deutlich wird, ob ein Lernerfolg eingetreten ist, soll durch einen Posttest im

Interviewformat überprüft werden, ob die Schülerinnen und Schüler eine offene Frage zur evolutiven Entwicklung auch ohne Satzbausteine, also in einem offenen Format, beantworten können. Dazu wird das gleiche Beispiel wie im Prätest genutzt, damit beide miteinander vergleichbar sind.

7.3 Zweiter Zyklus

7.3.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des zweiten Zyklus (Schüler 4, Schülerin 5 und Schüler 6) detailliert anhand von Segmentmatrizen dargestellt. Dabei wird jeder der drei Lernenden einzeln betrachtet und die Auswahl der Satzbausteine mit den jeweiligen Begründungen der Schülerinnen und Schüler in Verbindung gebracht. Die jeweiligen Transkripte zu der Satzbausteinwahl finden sich im Anhang (Anhang 11.17).

Schüler 4

Entwicklungsebene (s. Tab. 31)

Die typologische Satzbausteinauswahl auf der Entwicklungsebene des Gepards wird von Schüler 4 nicht begründet sondern vermutet. Im zweiten Beispiel äußert der Schüler seine Unsicherheit, indem er zwischen einem und einigen Vorfahren der Kakteen schwankt. Er entscheidet sich dann für den falschen Baustein „ein Gepard“. Die Begründung der korrekten Wahl bei Ente und Brombeere wird strukturell vorgenommen.

Tabelle 31: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung		Zustimmung	1			
		Unsicherheit		1		

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 32)

In diesem Beispiel zeigt sich, dass die Wahl der Satzbausteine durch den Schüler zu den Gründen und Auslösern der Anpassung inkonsistent ist. Zunächst vermutet der Schüler eine Notwendigkeit („weil ich denke, dass alle Geparde gemerkt haben“ (S4, F1, SB2)). Trotz der wissenschaftlichen Vorstellung, dass die Lebewesen nicht selbst entscheiden können, dass sie

sich weiterentwickeln, wählt der Schüler nur einen fast richtigen Satzbaustein aus. Er begründet die Anpassung nicht durch eine Mutation, sondern vermutet, dass dies ‚nach und nach‘ geschieht. Mit einer strukturellen Begründung wählt der Schüler bei der Ente den richtigen Baustein aus. Im letzten Beispiel wägt der Schüler ab, ob es der gleiche Satzaufbau wie bei den Fragen zuvor ist oder nicht. Durch eine Fehlvorstellung begründet der Schüler im Endeffekt jedoch, dass die Brombeeren sich auf Grund von zu wenig Licht aktiv anpassen.

Tabelle 32: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
		falsch	Aktive Anpassung				1
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung			Vermutung	1	1		

Merkmal (s. Tab. 33)

Die Vorstellung der aktiven Anpassung zeigt sich auch in diesem Beispiel. Der Schüler begründet die Bildung der Stacheln so: „um den Halt zu haben“ (S4, F4, SB3). In den ersten beiden Beispielen wählt der Schüler fast richtige Bausteine ohne eine Aussage aus und liest nur den gewählten Baustein vor. Dass es bei der Ente nur eine Auswahlmöglichkeit gibt, erfasst der Schüler und äußert es auch.

Tabelle 33: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Aktive Anpassung				1
	strukturell		Einzigste Auswahlmöglichkeit			1	
Keine Begründung			Ohne Aussage	1	1		

Angepasstheit I (s. Tab. 34)

Ohne Aussage wählt der Schüler im ersten Beispiel einen finalistischen Baustein aus („damit sie besseren Jagderfolg haben“). Die Auswahl im Beispiel Kaktus ist zwar inhaltlich richtig, bezieht sich aber nur auf ein Individuum und ist daher dem Bereich fast richtig zuzuordnen. Dieser Wahl wird ohne Begründung zugestimmt. Der Schüler äußert in Frage drei eine wissenschaftliche Vorstellung, bezieht aber in seiner Wahl die Lebensraumerweiterung nicht mit ein sondern beschränkt sich darauf, dass die Enten einen Vorteil gegenüber anderen hatten. Erst im letzten Beispiel, der Brombeere, entscheidet sich der Schüler für den richtigen Satzbaustein.

Tabelle 34: Segmentmatrix „Angepasstheit I“ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
Keine Begründung			Zustimmung		1		
			Ohne Aussage	1			1

Angepasstheit II (s. Tab. 35)

Auch hier tritt der Fall ein, der sich softwarebedingt schon bei anderen Schülerinnen und Schülern gezeigt hat. Durch den Zusammenhang von Angepasstheit I und II wählt der Schüler zwangsläufig im ersten Beispiel auch eine finalistische Vorstellung. Diese Auswahl wird inhaltlich teilweise richtig begründet, aber der Aspekt der Vererbung wird vom Schüler nicht bedacht. Auch ist hier die Auswahl beim Beispiel Kaktus inhaltlich richtig, aber bezieht sich grammatikalisch bedingt ebenfalls nur auf ein Individuum und ist somit insgesamt nur fast richtig. Diese Auswahl wird ohne Aussage getroffen. Dem korrekten Baustein im Beispiel Ente wird zugestimmt, und im letzten Beispiel wird nur der Baustein vorgelesen, aber keine weitere Aussage dazu getroffen.

Tabelle 35: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot**: falscher Satzbaustein. **Gelb**: fast richtiger Satzbaustein. **Grün**: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
Keine Begründung			Zustimmung			1	
			Ohne Aussage		1		1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 36)

Im ersten Beispiel wählt der Schüler den richtigen Satzbaustein aus. Die Begründung dafür ist von einer zielgerichteten Fehlvorstellung („weil sie es in der Vergangenheit gebraucht haben“ (S4, F1, SB6)) geprägt. Nach einer Auswahl ohne Aussage folgt im dritten Beispiel eine wissenschaftliche Vorstellung als Begründung für die Anpassung. Im letzten Beispiel wiederum stimmt der Schüler einer Aussage zu, der eine Fehlvorstellung zu Grunde liegt. Die Veränderung der Brombeerpflanzen wird hier ausschließlich durch veränderte Lebensbedingungen dargestellt („Die heutigen Brombeerpflanzen können klettern, da sie viel Licht bekommen.“).

Tabelle 36: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot**: falscher Satzbaustein. **Grün**: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
		falsch	zielgerichtet	1			
Keine Begründung			Zustimmung				1
			Ohne Aussage		1		

Zeitliche Dimension (s. Tab. 37)

In der Kategorie „Zeitliche Dimension“ hat der Schüler alle Bausteine korrekt ausgewählt. Zunächst stimmt er diesem zu (Gepard). In den Beispielen Kaktus und Ente werden teilweise richtige Begründungen abgegeben, die nicht ganz vollständig sind. Der Schüler bezieht sich dabei auf die zeitliche Länge einer Entwicklung („weil es länger dauert“ (S4, F3, SB7)), aber nicht auf die Vererbung der Eigenschaften von Generation zu Generation. Die zeitliche

Dimension im Beispiel „Kaktus“ wird zudem von einer strukturellen Begründung gestützt. Der letzte Satzbaustein wird ebenfalls strukturell begründet.

Tabelle 37: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 4. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig		1	1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1		1
Keine Begründung			Zustimmung	1			

Zusammenfassung Schüler 4

Schüler 4 hat zunächst inkonsistente Fehlvorstellungen im Bereich der Entwicklungsebene. Dies zeigt sich durch die unterschiedliche Anwahl von Bausteinen bei den ersten beiden Beispielen. Immer wieder benutzt der Schüler zielgerichtete Fehlvorstellungen oder die Vorstellung der aktiven Anpassung, um seine Auswahl zu begründen. Dabei lässt sich feststellen, dass die Vorstellungen innerhalb eines Beispiels konsistent sind. Der Schüler wählt finalistische Bausteine aus und nennt als Begründung der Angepasstheit ebenfalls eine finalistische Vorstellung. Diese Fehlvorstellungen finden sich nicht nur beim Eingangsbeispiel, sondern sie treten auch in den folgenden Beispielen noch auf. Wissenschaftliche Begründungen finden sich selten oder sind oft nicht vollständig. Das zeigt, dass der Schüler zwar wissenschaftliche Teilvorstellungen hat, diese aber nicht konsistent auf alle Beispiele übertragen werden.

Schülerin 5

Entwicklungsebene (s. Tab. 38)

Die Schülerin 5 wählt in jedem der vier Beispiele den richtigen Baustein zur Entwicklungsebene aus. Zunächst vermutet sie, dass es ‚einige‘ Lebewesen waren, danach begründet sie ausschließlich strukturell, warum sie welchen Baustein wählt. Das geschieht zunächst durch einen Bezug zu zuvor Gelerntem. Die Entwicklungsebene der Ente wird durch einen gleichen Satzaufbau begründet und die der Brombeere durch die Aussage „weil es auch schon bei dem letzten immer so war“ (S5, F4, SB1).

Tabelle 38: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Zuvor gelernt		1		
		Gleicher Satzaufbau			1	
		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
Keine Begründung		Vermutung	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 39)

Auch in dieser Kategorie entscheidet sich die Schülerin jedes Mal für den richtigen Satzbaustein. Zunächst wird er ohne Aussage ausgewählt und nur vorgelesen. Die Gründe und Auslöser der Anpassung beim Kaktus werden von der Schülerin durch das zuvor gesehene Video inhaltlich begründet. Eine strukturelle Begründung findet sich beim Beispiel der Ente. Im letzten Beispiel wird wieder keine Begründung angegeben sondern nur der Baustein rezitiert.

Tabelle 39: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1		
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			1

Merkmal (s. Tab. 40)

Das Merkmal des Gepards wird ohne Aussage vorgelesen. Danach folgen drei unterschiedliche strukturelle Begründungen einzelner Merkmale der Lebewesen. Bei der Ente gibt es nur eine Auswahlmöglichkeit, die auch angeklickt wird. Durch das zuvor Gelernte wird die Auswahl beim Kaktus begründet, und das Merkmal der Brombeere erschließt sich der Schülerin entweder durch einen gleichen Satzaufbau oder aber durch zuvor Gelerntes. Nur beim ersten

Baustein (Gepard) wählt die Schülerin einen fast richtigen, alle folgenden Bausteine sind korrekt angeklickt worden.

Tabelle 40: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb**: fast richtiger Satzbaustein. **Grün**: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Zuvor gelernt		1		
		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
		Einzigste Auswahlmöglichkeit			1	
Keine Begründung		Ohne Aussage	1			

Angepasstheit I (s. Tab. 41)

Alle gewählten Satzbausteine dieser Kategorie spiegeln die wissenschaftliche Sichtweise wider. Die Angepasstheit des Gepards wird ohne Aussage getroffen. Im zweiten Beispiel, dem Kaktus, trifft die Schülerin eine teilweise richtige, nicht vollständige Begründung zu ihrer Auswahl. Dabei äußert sie, dass sie unwissend sei, ob diese Antwort richtig ist („*ich weiß nicht genau, wie ich das erklären soll*“ (Sn5, F2, SB4)). Die beiden letzten Beispiele werden dann mit einer wissenschaftlichen Vorstellung begründet.

Tabelle 41: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün**: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	1
		teilweise richtig	Nicht vollständig		1		
Keine Begründung			Unwissenheit		1		
			Ohne Aussage	1			

Angepasstheit II (s. Tab. 42)

Die Schülerin wählt zu Beginn einen fast richtigen Baustein aus. Diese Entscheidung wird ohne eine Aussage getroffen. Der gewählte Baustein ist fast richtig, da die Weitergabe des Merkmals an die Nachkommen angesprochen wird, aber die Vererbung nicht als wichtiges

Konzept erwähnt wird. Die anderen drei Beispiele dieser Kategorie werden von der Schülerin nicht nur richtig angeklickt sondern auch mit der wissenschaftlichen Vorstellung korrekt begründet („und dann ‚sie vererbten diese Fähigkeit an ihre Nachkommen‘, weil die haben das ja immer noch so, dass die Kakteen das Wasser speichern können und früher war es nicht so, also wissen wir, dass sie es vererbt haben“ (Sn5, F2, SB5)).

Tabelle 42: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). *Gelb*: fast richtiger Satzbaustein. *Grün*: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	1
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 43)

Die Begründung der Angepasstheit wird in keiner Aussage der Schülerin wissenschaftlich dargelegt. Die Auswahl des richtigen Satzbausteines beim Geparden wird wieder ohne Aussage getroffen. Durch eine Vermutung wird der korrekte Satzbaustein im zweiten Beispiel ausgewählt. Die Schülerin begründet auf zweierlei Weise, warum sie sich für den Baustein: ‚Die heutigen Enten lernen von den Eltern Schwimmhäute zu bilden‘ entscheidet. Zunächst erfolgt eine Fehlinterpretation des Satzbausteines, da die Schülerin davon ausgeht, dass mit „lernen“ hier die Weitergabe der DNA gemeint ist, die selbstverständlich keinen Lernakt darstellt. Des Weiteren wählt sie diesen Baustein aus, weil er detailreicher als alle anderen zu sein scheint. Durch diese falsche Auswahl äußert die Schülerin im letzten Beispiel ihre Unsicherheit, wählt aber ohne inhaltliche Begründung den richtigen Baustein aus.

Tabelle 43: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein			1	
	strukturell		detailreicher			1	
Keine Begründung			Vermutung		1		
			Unsicherheit				1
			Ohne Aussage	1			

Zeitliche Dimension (s. Tab. 44)

Alle Bausteine dieser Kategorie sind richtig gewählt worden. Die zeitliche Dimension beim Gepard wurde wieder ohne Aussage getroffen. Genauso ist es auch bei der Brombeere. Eine inhaltlich richtige Begründung findet sich bei den anderen beiden Beispielen. Im botanischen Beispiel des Kaktus begründet die Schülerin die Auswahl durch eine wissenschaftliche Vorstellung. Durch eine korrekte Begriffsnennung („weil das ja bei der Evolution eigentlich immer so ist“ (S5, F4, SB7)) erklärt die Schülerin die Auswahl des richtigen Bausteines bei der Ente.

Tabelle 44: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 5. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
			Begriffsnennung			1	
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			1

Zusammenfassung der Schülerin 5

Die Schülerin wählt, bis auf einen, alle Satzbausteine im ersten Beispiel komplett ohne eine Aussage aus. In den weiteren Beispielen treten in den Begründungen immer wieder wissenschaftliche Vorstellungen auf. Die Schülerin äußert zu keinem Zeitpunkt eine

Fehlvorstellung. Lediglich eine Fehlinterpretation eines Satzbausteines führt zu einer falschen Antwort.

Schüler 6

Entwicklungsebene (s. Tab. 45)

Trotz einer teilweise richtigen inhaltlichen Begründung überwiegt die typologische Fehlvorstellung des Schülers bei der Wahl des Satzbausteines ‚alle Geparde‘ („wenn oben steht, dass die Vorfahren der Geparde alle so um die 32 km/h schnell waren, d.h. es müssen jetzt eigentlich alle gewesen sein“ (S6, F1, SB1)). Durch das gesehene Video und die daraus vom Schüler abgeleitete inhaltlich richtige Begründung wählt er auf der Entwicklungsebene im zweiten Beispiel den richtigen Baustein aus. Ohne Aussage folgt die Auswahl des Bausteines beim Beispiel der Ente. Durch einen gleichen Satzaufbau bzw. zuvor Gelerntes wird der letzte Baustein dieser Kategorie angeklickt.

Tabelle 45: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1		
		teilweise richtig	Wiss. korrekt + typologisch	1			
	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1	
Keine Begründung			Ohne Aussage			1	

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 46)

Zunächst vermutet der Schüler eine Notwendigkeit bei der Anpassung der Geparde (S6, F1, SB2). Auch beim zweiten Satzbaustein des Beispiels „Kaktus“ greift der Schüler auf die Inhalte des zuvor gesehenen Filmes zurück und liefert eine inhaltlich richtige Begründung ab. Der zufälligen Mutation als Grund bzw. Auslöser der Anpassung stimmt der Schüler beim Beispiel der Ente zu. Ohne Aussage hingegen erfolgt die Wahl des korrekten Satzbausteines im letzten Beispiel.

Tabelle 46: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1		
Keine Begründung			Zustimmung			1	
			Vermutung	1			
			Ohne Aussage				1

Merkmal (s. Tab. 47)

Das Merkmal aller Lebewesen wird vom Schüler jedes Mal korrekt gewählt. Dies geschieht zunächst ohne Aussage (Gepard). Eine wissenschaftliche Begründung untermauert die Wahl beim Beispiel des Kaktus. Das Merkmal der Ente wird nur durch einen einzigen Satzbaustein dargestellt. Daher begründet der Schüler dies auch strukturell mit der einzigen Auswahlmöglichkeit. Die Auswahl des letzten Satzbausteins wird vom Schüler nicht begründet sondern durch die Aussage „ich glaube“ (S6, F4, SB3) vermutet.

Tabelle 47: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
	strukturell		Einzigste Auswahlmöglichkeit			1	
Keine Begründung			Vermutung				1
			Ohne Aussage	1			

Angepasstheit I (s. Tab. 48)

Der Satzbaustein zur Angepasstheit des Gepards ist fast richtig ausgewählt worden. Ein Vorteil durch einen besseren Jagderfolg wurde erkannt, aber die Fortpflanzung wurde vom Schüler durch den Bezug zu vorherigen Satzbausteinen ausgeschlossen. Der Schüler erläutert beim Beispiel „Kaktus“, „dass das ganze mehr Erfolg in der Fortpflanzung [...] bringt“ (S6, F2, SB4) und stellt darüber hinaus eine wissenschaftliche Vorstellung dar. Dennoch entscheidet er sich für einen Baustein, der zwar Erfolg und Fortpflanzung beinhaltet, aber eine finalistische Sichtweise aufzeigt. Die Angepasstheit der Ente wird nicht nur wissenschaftlich richtig

begründet, sondern auch korrekt angewählt. Eine strukturelle Begründung, die sich auf den Detailreichtum des Satzbausteins stützt, wird für die Wahl des richtigen Bausteins der Angepasstheit der Brombeere angegeben.

Tabelle 48: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	
		falsch	Bezug zu anderen Satzbausteinen	1			
	strukturell		zuvor gelernt		1		
			Detailreicher				1

Angepasstheit II (s. Tab. 49)

Der zweite Teil der Angepasstheit des Gepards wird fast richtig angegeben. Die Begründung ist zum einen falsch, da ein Bezug zum vorherigen nicht ganz richtigen Satzbaustein hergestellt wird („da gibt es wenig, was darauf aufbaut“ (S6, F1, SB5)), und zum anderen ist die weitere Begründung für diesen Baustein nicht vollständig und somit nur in Teilen richtig. Der Satzbaustein beim Kaktus ist wieder ein finalistischer, da er auf den vorherigen aufbaut. Der Schüler beschreibt korrekt, dass es bei der Angepasstheit vor allem auch um die Vererbung geht und nur die am besten angepassten überleben. Die Antworten der Ente und der Brombeere werden zwar richtig aber ohne Aussage gewählt.

Tabelle 49: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
		teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
		falsch	Bezug zu anderen Satzbausteinen	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage			1	1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 50)

Die Begründung der Angepasstheit wird vom Schüler, in drei Fällen, korrekt ausgewählt. Eine Ausnahme bildet der Kaktus. Trotz der Vorstellung der aktiven Anpassung beim Gepard wird durch einen Bezug zu den vorherigen Satzbausteinen die korrekte Auswahl getroffen. Der Satzbaustein „die heutigen Kakteen lernen von ihren Eltern Wasser zu speichern“ wird von dem Schüler falsch interpretiert. Er versteht „lernen“ in diesem Zusammenhang als „vererben“ und wählt somit den falschen Baustein aus. Für den Satzbaustein der Ente wird keine Aussage getroffen. Der letzte Baustein hingegen wird durch eine strukturelle Aussage (Gleicher Satzaufbau/zuvor gelernt) ausgewählt.

Tabelle 50: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen Satzbausteinen	1			
		falsch	Aktive Anpassung	1			
	Fehlinterpretation Satzbaustein			1			
	strukturell	Gleicher Satzaufbau/zuvor gelernt				1	
Keine Begründung		Ohne Aussage			1		

Zeitliche Dimension (s. Tab. 51)

Die Kategorie der zeitlichen Dimension wird in allen Beispielen korrekt angegeben. Der Schüler transferiert zunächst sein alltägliches Wissen mit der Aussage „sonst könnte man ja sehen, dass meine Eltern z.B. wesentlich anders wäre als ich, so vom Können her“ (S6, F1, SB7) inhaltlich richtig auf den Gepard und begründet danach diese Kategorie strukturell.

Tabelle 51: Segmentmatrix ‚zeitliche Dimension‘ Schüler 6. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Transfer	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1

Zusammenfassung Schüler 6

Der Schüler hat zu Beginn eine typologische Vorstellung und meint, der Grund und Auslöser der Anpassung sei die „Notwendigkeit“. Diese Fehlvorstellungen nennt er im Laufe der Bearbeitung nicht mehr und argumentiert, bis auf einzelne strukturelle Begründungen für die Wahl der Satzbausteine, fast ausschließlich wissenschaftlich. Selbst bei der Wahl der finalistischen Bausteine wird durch seine Begründungen deutlich, dass er eigentlich eine wissenschaftliche Sichtweise auf die Angepasstheit hat (s. Angepasstheit I). Auch durch seinen Kommentar zum Feedback der falschen Satzbausteine wird dies deutlich: *„Da hab ich dann wieder zu wenig drüber nachgedacht, dass es ja diesmal eine Pflanze ist und kein Tier“*. Das botanische Beispiel Kaktus wird vor der Beantwortung durch die Satzbausteine von ihm als schwieriger eingeordnet und folgendermaßen kommentiert: *„Also es geht um Kakteen, das kann ich mir weniger gut vorstellen als bei Geparden“*. Eine Erklärung dafür erfolgt auf Nachfrage des Interviewers: *„Beim Geparden hat man so die Idee, einfach von langsamer zu schneller und hier weiß man halt einfach nur [...], dass die gut Wasser speichern können und dann ist da keine Bewegung drin, die ich mir vorstellen kann. Deswegen ist es schwieriger.“*

7.3.2 Ergebnisse des Prä-Post Tests

Schüler 4 (s. Tab. 52)

Schüler 4 nennt zu Beginn den richtigen Terminus „Evolution“ und erklärt, dass sie der Grund für die Entwicklung des Rüssels sei. Er verbindet den Begriff mit einer Vorstellung der Notwendigkeit und einer finalistischen Vorstellung. Zudem äußert er seine Unwissenheit in diesem Bereich. Auf die Nachfrage hin, ob es ein aktiver Prozess sei, antwortet der Schüler *„dass es einfach durch die Evolution Stück für Stück gekommen ist, dass es notwendiger wurde“* (S4, Prätest). Auch hier verwendet der Schüler einen richtigen Begriff, verbindet diesen aber mit einer Fehlvorstellung der Notwendigkeit.

Nach der Bearbeitung des Lernarrangements SELECTIVE beantwortet er die Frage zunächst mit Hilfe des bereits Gelernten und verweist dabei auf die Zufälligkeit der Mutation. Zudem begründet er die Entwicklung des Rüssels inhaltlich richtig durch eine wissenschaftliche Vorstellung und einen korrekten Transfer der Laufgeschwindigkeit der Geparde auf das Beispiel der Elefanten. Eine Fehlvorstellung aber lässt sich finden. Der Schüler geht davon aus, dass es nicht nur eine zufällige Mutation war, sondern dass der Entwicklungsprozess durch einen veränderten Lebensraum angestoßen wurde.

Tabelle 52: Kategorisierte Antworten des Schülers 4 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1
			Transfer		1
		teilweise richtig	Wiss. korrekt + Notwendigkeit		1
			Begriffsnennung + Notwendigkeit	2	
	strukturell		Begriffsnennung + finalistisch	1	
			Zuvor gelernt		2
Keine Begründung			Unwissenheit	1	

Schülerin 5 (s. Tab. 53)

Schülerin 5 beantwortet zunächst die Frage mit einer zielgerichteten Fehlvorstellung. Auf eine Nachfrage hin begründet die Schülerin die Entwicklung des Rüssels teilweise richtig. Dazu geht sie einerseits auf die Entwicklung über mehrere Generationen ein und verknüpft dann diese Aussage mit zwei Fehlvorstellungen. Zum einen geht sie von einer Notwendigkeit aus und zum anderen von einer Zielgerichtetheit.

Im Anschluss an die Bearbeitung von SELECTIVE begründet die Schülerin die Frage auf zwei Arten. Zum einen begründet sie strukturell durch zuvor Gelerntes und zum anderen durch eine nicht vollständige sondern nur teilweise richtige Aussage.

Tabelle 53: Kategorisierte Antworten der Schülerin 5 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	Teilweise richtig	Nicht vollständig		1
			Wiss. korrekt + Notwendigkeit	1	
			Wiss. korrekt + Zielgerichtet	1	
		falsch	Zielgerichtet	1	
	strukturell	Zuvor gelernt		1	

Schüler 6 (s. Tab. 54)

Die Beantwortung der Frage vor der Bearbeitung des Lernarrangements wird von dem Schüler anhand zweier Fehlvorstellungen vorgenommen. Er beschreibt eine aktive Anpassung und eine Zielgerichtetheit bei der Entwicklung des Rüssels der Elefanten. Im Anschluss an die Bearbeitung nutzt der Schüler ausschließlich die wissenschaftliche Vorstellung und beantwortet die Frage somit inhaltlich richtig.

Tabelle 54: Kategorisierte Antworten des Schülers 6 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1
		falsch	Zielgerichtet	1	
			Aktive Anpassung	1	

7.3.3 Ergebnisse des Interviews

Nach der Bearbeitung von SELECTIVE wurden die drei Schülerinnen und Schüler des zweiten Zyklus ebenfalls interviewt. Tabelle 55 gibt einen Überblick über die Antworten der Befragten.

Auf die Einstiegsfrage „Was sagst du denn spontan zu der Software?“ äußerten sich Schülerin 5 und Schüler 6 positiv zu SELECTIVE und im Besonderen zu den Videos. Schüler 4 hingegen beschrieb, dass das Design ausbaufähig sei. Die Bearbeitung der Software sowie ihr Inhalt ist für alle Schülerinnen und Schüler berichtenswert. Schülerin 5 betont in diesem Zusammenhang die Stärke der Methode des Lauten Denkens: „Ja, ich fand das auch gut mit dem laut Aussprechen, denn da konnte man sich selbst nochmal genau überlegen, was man überhaupt denkt. Denn manchmal hat man nur so ne Ahnung, kannst aber nicht begründen.“

Tabelle 55: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 2 (Schüler 4, Schülerin 5 und Schüler 6).

Frage	Schüler 4	Schülerin 5	Schüler 6
Was sagst du denn spontan zu der Software?	Interessantes Konzept Design ausbaufähig	Positive Äußerung Wiederholung gut Videos gut Lautes Denken gute Erfahrung	Videos gut Positive Äußerung
Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?	Inhaltliches Videos	Aufbau der Software Bearbeitung der Software Evolution	Bearbeitung der Software Inhaltliches Videos
Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?	Satzbausteine (Stärke) Video (Stärke) Feedback (Stärke) Keine Schwächen	Satzbausteine (Stärke) Video (Stärke) Feedback (Stärke) Keine Schwächen	Kein typischer Unterricht (Stärke) Andere Art des Lernens (Stärke) Gleicher Aufbau (Schwäche) Video 2 und 4 (Schwäche)
Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest.	Keine	Videobutton nicht gefunden, da Feedback nicht komplett angesehen	Keine
Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?	Brombeeren haben Stacheln zum Klettern Zufälligkeit	Das sich alles verändert Evolution auch zukünftig	Brombeeren haben Stacheln zum Klettern Geparde sind im Laufe der Zeit schneller geworden
An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?	Alles verstanden	Alles verstanden	Alles verstanden
Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?	Schriftarten	Bunter, Hintergrundbilder	Weniger Satzbausteine
In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?	Als alles richtig war	Als alles richtig war	Bei den Videos 1 und 3
In welchen Momenten hast du Langeweile verspürt?	Nie	Das erste Video war zu lang	Bei den Videos 2 und 4

Schüler 4 und Schülerin 5 sehen die Beantwortung der Fragen durch Satzbausteine, das Feedback zur Auswahl der Bausteine sowie die Videos als Stärken von SELECTIVE an. Schüler 6 beschreibt als Stärken des Lernarrangements, dass es kein typischer Unterricht ist und dass die andere Art des Lernens sehr motivierend wirkt. Schwächen werden lediglich von Schüler 6 aufgezeigt. Dabei bezieht er sich auf die beiden Videos zu den pflanzlichen Beispielen, die seiner Meinung nach nicht so gelungen seien wie die Videos zu den zoologischen Beispielen. Zudem sieht er die Wiederholung in den Fragen als Schwäche an. Schülerin 5 ist in diesem Zyklus die Einzige, die eine Schwierigkeit bei der Bedienung von SELECTIVE hatte. Sie

beschreibt, dass ihr nach der Auswertung der Antwort zunächst nicht klar war, wie es danach weitergeht („Und dann weiß ich jetzt nicht ganz genau, wo ich weitergehen muss.“ (Sn5, Aussage nach Beantwortung der ersten Frage)), da kein Button „zum Video“ angezeigt wurde. Dieser wird erst nach dem Lesen des kompletten Feedbacks angezeigt. Auf die Frage hin, was die Schülerinnen und Schüler nicht verstanden haben, antworteten alle, dass sie alles verstanden haben. Hinweise zur Verbesserung der Gestaltung des Lernarrangements sind von allen Schülerinnen und Schülern genannt worden. Schüler 4 wünscht sich eine andere Schriftart, Schülerin 5 wünscht sich, dass die Gestaltung bunter wird und mehr Hintergrundbilder erscheinen, und Schüler 6 wünscht sich weniger Satzbausteine. Freude wurde von Schüler 4 und Schülerin 5 erlebt, wenn die Beantwortung einer Frage komplett richtig war. Schüler 6 hingegen verspürte Freude beim Sehen der zoologischen Videos. Langeweile trat für Schülerin 5 beim Sehen des ersten Videos auf, da ihr dies zu lang war. Schüler 6 fand die Videos zu den botanischen Beispielen langweilig, da ihm der Bezug zu den anderen Filmen fehlte. Auf die Frage zur Selbsteinschätzung, was die Schülerinnen und Schüler neu gelernt haben, antworteten alle unterschiedlich. Schüler 4 gibt an, dass er jetzt weiß, dass Evolution zufällig passiert und dass Brombeeren Stacheln zum Klettern haben. Schülerin 5 hat ihrer Ansicht nach gelernt, dass Evolution auch zukünftig passiert und dass sich alle Lebewesen evolutiv verändern. Schüler 6 hat gelernt, dass Brombeeren Stacheln zum Klettern haben und dass Geparden im Laufe der Zeit schneller geworden sind.

7.3.4 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE

Durch die Aussagen der Schülerinnen und Schüler wurden auch in diesem Zyklus weitere Änderungen an der Gestaltung von SELECTIVE vorgenommen. Zunächst wurden der Begrüßung und der Verabschiedung des Lernarrangements weitere Hintergrundbilder hinzugefügt, die die Gestaltung auflockern aber nicht vom Text ablenken sollen. Ein Hinweis, dass das Video erst nach dem Lesen des kompletten Feedbacks erscheint, wurde durch die Schwierigkeiten, die Schülerin 5 an dieser Stelle hatte, hinzugefügt. Die Filme zu den botanischen Beispielen wurden neugestaltet und haben jetzt einen Bezug zu den vorangegangenen, so dass sich ein roter Faden durchweg erkennen lässt. Diese Änderung geht zum einen auf die Aussagen von Schüler 6 im Interview zurück, zum anderen darauf, dass sich bisher kein Schüler bei der Beantwortung auf ein botanisches Video bezogen hat, sondern ausschließlich auf die zoologischen.

Die botanischen Filme sind in den ersten beiden Zyklen eine reine Darstellung der fachwissenschaftlichen Sichtweise, ohne einen Bezug zur Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler und ohne einen Bezug zu den anderen Videos. Durch die Neugestaltung sind diese Defizite beseitigt. Zusätzlich weisen die neuen Videos eine gleiche bzw. sehr ähnliche Symbolsprache und farbliche Gestaltung, wie die Filme zu den zoologischen Beispielen auf.

7.4 Dritter Zyklus

7.4.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen

Die Ergebnisse des dritten Zyklus (Schülerin 7, Schüler 8, Schülerin 9) werden im Folgenden detailliert anhand von Segmentmatrizen dargestellt. Dazu wird jeder der drei Lernenden einzeln betrachtet und die Auswahl der Satzbausteine mit den jeweiligen Begründungen der Schülerinnen und Schüler in Verbindung gebracht. Die jeweiligen Transkripte zu der Satzbausteinwahl finden sich im Anhang (Anhang 11.17).

Schülerin 7

Entwicklungsebene (s. Tab. 56)

Die Schülerin entscheidet sich in der Kategorie „Entwicklungsebene“ in jedem Beispiel für die korrekte Antwort. Zunächst stimmt sie dieser zu, ohne eine Begründung abzugeben. Bei den beiden Beispielen Kaktus und Ente gibt sie jeweils eine wissenschaftlich korrekte Begründung zu ihrer Auswahl ab. Die Entwicklungsebene der Ente wird zusätzlich strukturell durch einen gleichen Satzaufbau bzw. zuvor Gelerntes begründet. Das Beispiel der Brombeere in dieser Kategorie wird ebenfalls strukturell begründet.

Tabelle 56: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung			Zustimmung	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 57)

Lediglich im ersten Beispiel wählt die Schülerin einen fast richtigen Satzbaustein aus. Sie stimmt dabei dem Zufall zu, nennt durch ihre Wahl aber nicht die Mutation. Durch das gesehene Video wird der Baustein beim Beispiel „Kaktus“ korrekt ausgewählt und inhaltlich richtig begründet. Eine inhaltliche Begründung findet sich auch im Beispiel der Ente wieder. Allerdings ist diese nicht vollständig. Eine weitere strukturelle Begründung für diesen Satzbaustein wird durch den gleichen Satzaufbau bzw. zuvor Gelerntes geliefert. Die Auswahl des letzten Bausteins in dieser Kategorie wird wiederum nicht begründet. Hier äußert die Schülerin die Vermutung, dass der gewählte Baustein der richtige sei.

Tabelle 57: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1		
		teilweise richtig	Nicht vollständig			1	
	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1		
Keine Begründung			Zustimmung	1			
			Vermutung				1

Merkmal (s. Tab. 58)

Alle Satzbausteine dieser Kategorie wurden von der Schülerin richtig ausgewählt. Beim Beispiel des Gepards wird die Entscheidung ohne eine erläuternde Aussage getroffen. Eine wissenschaftliche Vorstellung und die Detailliertheit des ausgewählten Bausteines begründen inhaltlich und strukturell die Auswahl beim Beispiel „Kaktus“. Die Schülerin trifft keine Aussage beim einzig möglichen Satzbaustein ‚Schwimmhäute‘. Wie bei der Kategorie zuvor vermutet die Schülerin, dass ihre gewählte Antwort die richtige sei.

Tabelle 58: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
	strukturell		Detailreicher		1		
Keine Begründung			Vermutung				1
			Ohne Aussage	1		1	

Angepasstheit I (s. Tab. 59)

Zunächst äußert die Schülerin ihre Unsicherheit bei der Wahl des ersten Satzbausteines der Angepasstheit der Geparde. Sie entscheidet sich für einen fast richtigen Baustein. Der Jagderfolg wird angesprochen, aber die Fortpflanzung ist in diesem Fall kein Bestandteil der gewählten Antwort. Die Bausteine der weiteren Beispiele werden allesamt korrekt ausgewählt. Die Begründung der Angepasstheit des Kaktus geschieht inhaltlich nur teilweise richtig, da die Aussage der Schülerin nicht vollständig ist. Die Gefahr der Vertrocknung wird erläutert, aber nicht der Überlebensvorteil, der durch die Wasserspeicherung auftritt. Die inhaltliche Begründung wird im nachfolgenden Beispiel ebenfalls angewandt. In diesem Fall ist sie vollständig und wissenschaftlich korrekt. Die Auswahl der Angepasstheit der Brombeere wird nicht erläutert, sondern der Baustein wird lediglich vorgelesen.

Tabelle 59: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
		teilweise richtig	Nicht vollständig		1		
Keine Begründung			Unsicherheit	1			
			Ohne Aussage				1

Angepasstheit II (s. Tab. 60)

Der zweite Teil der Angepasstheit der Geparde wird zunächst durch eine Vermutung ausgewählt. Diesem ausgewählten fast richtigen Satzbaustein wird im Anschluss daran von der Schülerin zugestimmt. In diesem Fall fehlt dem Gewählten ein Aspekt, nämlich die

Vererbung der Eigenschaften an die Nachkommen. Alle weiteren Bausteine der Kategorie Angepasstheit II werden von der Schülerin korrekt angeklickt. Beim Kaktus geschieht dies durch eine Vermutung: „und dann denk ich, dass“ (Sn7, F2, SB5), bei der Ente durch den richtigen Bezug zu dem vorherigen Satzbaustein und bei der Brombeere durch eine Zustimmung.

Tabelle 60: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen Satzbausteinen			1	
Keine Begründung			Zustimmung	1			1
			Vermutung	1	1		

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 61)

Auch die Entscheidung für die Begründung der Angepasstheit wird von der Schülerin in allen Beispielen richtig gefällt. Die einzige Begründung, die die Schülerin zu ihrer Auswahl äußert, ist eine wissenschaftliche Vorstellung im Beispiel Ente. Alle anderen Satzbausteine erfahren keine Begründung. Ihnen wird stattdessen eine Vermutung zugrunde gelegt (Gepard, Kaktus) oder einfach zugestimmt (Brombeere). Beim Kaktus äußert die Schülerin zusätzlich ihre Unsicherheit bei der Beantwortung.

Tabelle 61: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
Keine Begründung			Zustimmung				1
			Vermutung	1	1		
			Unsicherheit		1		

Zeitliche Dimension (s. Tab. 62)

Die zeitliche Dimension der Entwicklung eines Merkmals wird von der Schülerin in allen Fällen korrekt ausgewählt. Nach einer anfänglichen Vermutung (Gepard) folgt in jedem weiteren Beispiel die wissenschaftliche Vorstellung zu dieser Kategorie (z.B. „wenn das erste eine

zufällige Mutation war und dann durch Fortpflanzung erst erweitert wurde, würde das ja heißen, dass es sich über mehrere Generationen vollzog“ (Sn7, F3, SB7). Die letzten beiden Beispiele werden zudem von einer strukturellen Begründung gestützt, indem die Schülerin sich auf zuvor Gelerntes oder einen gleichen Satzaufbau bezieht.

Tabelle 62: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 7. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1	1	1
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Zusammenfassung Schülerin 7

Schülerin 7 äußert keine einzige Fehlvorstellung beim Bearbeiten von SELECTIVE. Wenn eine Begründung abgegeben wird, so ist diese nicht nur strukturell angelegt, sondern sie wird fast immer mit einer wissenschaftlichen Begründung unterstrichen. Die Fehler im ersten Beispiel werden abgelegt, und die Schülerin beantwortet alle folgenden drei Fragen ausnahmslos richtig.

Schüler 8

Entwicklungsebene (s. Tab. 63)

Schüler 8 wählt im Bereich der Entwicklungsebene zunächst einen falschen Baustein („alle Geparde“) aus. Diese Auswahl passt mit seiner geäußerten typologischen Fehlvorstellung auf dieser Ebene zusammen. In allen weiteren Beispielen fällt seine Wahl auf die korrekten Bausteine. Keine Auswahl wird inhaltlich begründet. Beim Kaktus erwähnt der Schüler denselben Stil wie zuvor und erkennt somit den gleichen Satzaufbau. Die anderen beiden Beispiele werden ebenfalls strukturell begründet (gleicher Satzaufbau/zuvor Gelerntes).

Tabelle 63: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Typologisch	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau		1		
			Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 64)

Die Gründe und Auslöser der Anpassung sind in allen Fällen durch die Satzbausteinauswahl des Schülers korrekt dargestellt worden. Eine inhaltliche Begründung findet sich nur beim Beispiel der Brombeere nicht. Dort wird keinerlei Aussage zur Auswahl getroffen. Die inhaltlichen Begründungen der anderen Bausteine werden nur teilweise richtig getroffen. In allen Begründungen wird angesprochen, dass die Lebewesen die Entwicklung nicht selbst steuern können und somit der Baustein der „Notwendigkeit“ ausgeschlossen wird. Eine Begründung für die Mutation fehlt. Die Satzbausteine von „Kaktus“ und „Ente“ werden zudem strukturell begründet.

Tabelle 64: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1	1	1	
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	
Keine Begründung			Ohne Aussage				1

Merkmal (s. Tab. 65)

In der Kategorie „Merkmal“ wurden keinerlei Fehler bei der Satzbausteinauswahl gemacht. Zunächst wird im Beispiel Gepard dem gewählten Baustein ohne Begründung zugestimmt. Eine wissenschaftliche Vorstellung wird im zweiten Beispiel als Erklärung der Wahl angegeben. In den anderen beiden Fällen wird keinerlei Aussage getroffen.

Tabelle 65: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
Keine Begründung			Zustimmung	1			
			Ohne Aussage			1	1

Angepasstheit I (s. Tab. 66)

Bis auf die Angepasstheit bei der Ente werden alle Bausteine richtig angeklickt. Die erste Begründung ist inhaltlich aber nicht vollständig, da sie nur den Aspekt der erfolgreichen Jagd beleuchtet aber nicht den der Fortpflanzung. Eine vollständige wissenschaftliche Erklärung findet sich beim Beispiel des Kaktus, anhand derer ebenfalls die richtige Wahl des Satzbausteines getroffen wurde. Der Schüler vermutet einen Vorteil bei der Angepasstheit der Ente und entscheidet sich somit für einen fast richtigen Baustein. Der Aspekt der Fortpflanzung wird in diesem Baustein nicht aufgegriffen. Die Auswahl der Angepasstheit der Brombeere wird gewählt, weil sie dem Schüler detailreicher erscheint als alle anderen Bausteine. Das ist somit eine strukturelle Begründung.

Tabelle 66: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
		teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
	strukturell		Detailreicher				1
Keine Begründung			Vermutung			1	

Angepasstheit II (s. Tab. 67)

Die Angepasstheit des Gepards ist in diesem Fall nur teilweise richtig, da in dem Satzbaustein der Aspekt der Vererbung nicht aufgeführt wird. Auch in der Begründung, die alle falschen Bausteine ausschließt, wird die Vererbung nicht bedacht. Somit ist sie nicht vollständig. In den weiteren Beispielen werden alle korrekten Bausteine gewählt. Der Schüler ist sich bei seiner nächsten Wahl zuerst unsicher und vermutet dann, dass es sich um ‚und vererbten diese

Fähigkeit an ihre Nachkommen' handelt („jetzt bin ich mir noch nicht ganz sicher“ (S8, F2, SB5)). Auch im nächsten Beispiel stellt er eine richtige Vermutung an. Der Satzbaustein zur Angepasstheit der Brombeere wird strukturell durch einen gleichen Satzaufbau oder zuvor Gelerntes begründet.

Tabelle 67: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1
Keine Begründung			Vermutung		1	1	
			Unsicherheit		1		

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 68)

Die Bausteine zur Begründung der Angepasstheit sind allesamt richtig vom Schüler gewählt worden. Die erste Wahl wird ohne Aussage getroffen. Im zweiten Beispiel folgt eine teilweise richtige, nicht vollständige Erklärung. Der Schüler äußert sich dazu, dass die Kakteen das Wasserspeichern nicht lernen, geht aber nicht weiter auf die wissenschaftliche Sichtweise ein. Dies wird im Beispiel der Ente nachgeholt. Hier begründet der Schüler seine Auswahl durch die wissenschaftliche Vorstellung. Im letzten Beispiel erfolgt die Begründung ebenfalls inhaltlich aber wiederum nicht vollständig. Er benutzt dabei die gleiche Erklärung wie beim Beispiel des Kaktus.

Tabelle 68: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
		teilweise richtig	Nicht vollständig		1		1
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			

Zeitliche Dimension (s. Tab. 69)

Nach einer inhaltlichen nicht vollständigen aber richtigen Begründung der zeitlichen Dimension beim Beispiel „Gepard“ folgen ausschließlich strukturelle Erklärungen, die sich entweder auf einen gleichen Satzaufbau oder zuvor Gelerntes beziehen. Die Begründung der Geparde ist daher nicht vollständig, da sich der Schüler nur auf den Bereich des langen Zeitraums von Entwicklungen bezieht und nicht auf die Weitergabe und Weiterentwicklung von Eigenschaften von Generation zu Generation.

Tabelle 69: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 8. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1

Zusammenfassung Schüler 8

Zu Beginn äußert der Schüler eine typologische Vorstellung. Diese Vorstellung wird im Anschluss daran nicht mehr genannt oder durch eine Satzbausteinauswahl zum Vorschein gebracht. Auch trifft der Schüler in den folgenden Beispielen keine wissenschaftlichen Aussagen zur Entwicklungsebene der Lebewesen. Seine Vorstellung erläutert er durch einen Kommentar zum Feedback folgendermaßen: „Das scheint mir logisch. Ja ich dachte das mehr im Sinne von die Geparde als Art im Durchschnitt“ (S8, F1, Feedback). In jeder weiteren Kategorie beschreibt der Schüler mindestens einmal eine wissenschaftliche oder zu Teilen wissenschaftliche Vorstellung. In diesen Bereichen wird keinerlei Fehlvorstellung, weder durch eine Aussage noch durch eine Satzbausteinauswahl, vom Schüler genannt.

Schülerin 9*Entwicklungsebene (s. Tab. 70)*

Auf der Entwicklungsebene entscheidet sich die Schülerin in allen Beispielen für den richtigen Baustein. Die Schülerin vermutet zunächst nur die Richtigkeit. Im Anschluss daran begründet

sie die anderen Beispiele auf dieser Ebene strukturell, zunächst durch zuvor Gelerntes (Kaktus) und dann durch einen gleichen Satzaufbau oder zuvor Gelerntes (Ente und Brombeere).

Tabelle 70: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Zuvor gelernt		1		
		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	1
Keine Begründung		Vermutung	1			

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 71)

Auch in dieser Kategorie macht die Schülerin bei der Auswahl keine Fehler. Bei den Gründen und Auslösern der Anpassung des Gepards vermutet die Schülerin erst, dass der gewählte Baustein der richtige ist. Nach der Bestätigung, dass dies die richtige Vermutung war, begründet die Schülerin strukturell die Auswahl bei den Beispielen „Kaktus“ und „Ente“. Die Auswahl im Beispiel „Brombeere“ wird ohne Aussage getroffen.

Tabelle 71: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	
Keine Begründung		Vermutung	1			
		Ohne Aussage				1

Merkmal (s. Tab. 72)

Durch einen inhaltlich korrekten Bezug zu den vorhergehenden Satzbausteinen im Beispiel „Gepard“ schafft es die Schülerin nicht nur, den richtigen Baustein zu wählen sondern auch eine inhaltlich stimmige Begründung abzugeben. Die Auswahl der beiden Merkmale von „Kaktus“ und „Ente“ werden ohne Aussage korrekt getroffen. Im letzten Beispiel nimmt die Schülerin dann wieder Bezug zu vorhergehenden Bausteinen und begründet ihre Auswahl inhaltlich richtig.

Tabelle 72: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen SB	1			1
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	

Angepasstheit I (s. Tab. 73)

Die Angepasstheit des Gepards stellt den einzigen Fehler dar, den die Schülerin während der Bearbeitung macht. Sie vermutet, dass die Geparde einen besseren Jagderfolg hatten, aber der Fortpflanzungserfolg wird in diesem Fall nicht beschrieben. Die Angepasstheit der Kakteen wird inhaltlich und teilweise richtig begründet, da die Aussage der Schülerin zwar korrekt, aber nicht vollständig ist. Sie beschreibt, dass die Pflanzen vor dem Austrocknen bewahrt werden, aber geht auch hier nicht auf weitere Vorteile, die die Pflanzen dadurch haben, ein. Die gleiche Begründung verwendet die Schülerin beim Beispiel Brombeere („Deshalb hatten sie mehr Licht und konnten sich besser fortpflanzen, weil sie auch besser gewachsen sind“ (Sn9, F4, SB4)). Die Angepasstheit der Ente wird durch die wissenschaftliche Vorstellung begründet.

Tabelle 73: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
		teilweise richtig	Nicht vollständig		1		1
Keine Begründung			Vermutung	1			

Angepasstheit II (s. Tab. 74)

Alle Bausteine der Angepasstheit II wurden korrekt angeklickt. Die Begründung beim Gepard wird durch eine wissenschaftliche Vorstellung vorgenommen. Alle weiteren Angepasstheiten werden nicht begründet sondern ohne Aussage ausgewählt.

Tabelle 74: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 75)

Nach einer anfänglichen Vermutung und der korrekten Auswahl des ersten Satzbausteins dieser Kategorie begründet die Schülerin im zweiten Beispiel (Kaktus) die richtige Auswahl mit einer wissenschaftlichen Vorstellung. Die beiden letzten Satzbausteine werden von der Schülerin unbegründet ohne Aussage richtig gewählt.

Tabelle 75: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
Keine Begründung			Vermutung	1			
			Ohne Aussage			1	1

Zeitliche Dimension (s. Tab. 76)

Das Begründungsverhalten dieser Kategorie ähnelt dem der Entwicklungsebene. Zunächst vermutet die Schülerin wieder, dass ihre Auswahl richtig ist. Im Anschluss daran werden alle weiteren Beispiele durch einen erkannten gleichen Satzaufbau oder aber zuvor Gelerntes ausgewählt.

Tabelle 76: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schülerin 9. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) der Schülerin zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1
Keine Begründung		Vermutung	1			

Zusammenfassung Schülerin 9

Trotz weniger wissenschaftlicher Aussagen trifft die Schülerin keinerlei falsche Entscheidung bei der Wahl der Satzbausteine. Meistens vermutet sie, dass eine Antwort richtig sein könnte. Nach Bestätigung dessen, begründet sie die weitere Satzbausteinauswahl in den anderen Beispielen durch eine wissenschaftliche Vorstellung oder durch eine strukturelle Begründung.

7.4.2 Ergebnisse des Prä-Post-Tests

Schülerin 7 (s. Tab. 77)

„So wirklich erklären kann ich das nicht“ (S7, Prätest) ist die erste Aussage auf die Frage nach der Entwicklung des Rüssels bei Elefanten. Damit drückt die Schülerin zunächst ihre Unwissenheit aus. Sie gibt dann dennoch eine Antwort, die zwar nicht vollständig aber teilweise richtig ist. Auf weitere Nachfragen äußert sie zunächst keine Begründung sondern eine Vermutung. Dann gibt sie sich unwissend, bevor sie eine teilweise korrekte Aussage trifft. Dabei nutzt sie das wissenschaftlich einwandfreie Prinzip der ‚Mutation‘, verknüpft es aber mit einer zielgerichteten Vorstellung. Somit ist ihre letzte Antwort nur teilweise richtig.

Nach der Bearbeitung des Lernarrangements SELECTIVE begründet die Schülerin ihre Darlegung ohne jegliche Fehlvorstellung. Da sie die Angepasstheit aber nicht näher beschreibt, ist ihre Bearbeitung nicht vollständig.

Tabelle 77: Kategorisierte Antworten der Schülerin 7 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1	1
			Wiss. korrekt + Zielgerichtet	1	
Keine Begründung			Vermutung	1	
			Unwissenheit	2	

Schüler 8 (s. Tab. 78)

Die Frage nach der Entwicklung des Rüssels bei Elefanten wird vom Schüler durch eine zielgerichtete Vorstellung beantwortet. Auch die Antwort auf die Nachfrage „Also du erklärst die Entwicklung dadurch, er konnte Nahrung schlechter aufnehmen und deswegen hat sich der lange Rüssel entwickelt?“ beinhaltet eine zielgerichtete Fehlvorstellung.

Die Begründung des Schülers nach der Bearbeitung des Lernarrangements ist nur teilweise richtig. Hier beschreibt der Schüler neben der wissenschaftlichen Erklärung noch zusätzlich eine Fehlvorstellung der Notwendigkeit.

Tabelle 78: Kategorisierte Antworten des Schülers 8 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Wiss. korrekt + Notwendigkeit		1
		falsch	Zielgerichtet	2	

Schülerin 9 (s. Tab. 79)

Schülerin 9 gibt zu jeder Frage und Nachfrage eine Begründung ab. Zunächst hat sie eine zielgerichtete Vorstellung. Auf die weiteren Fragen antwortet sie inhaltlich nicht vollständig, somit nur teilweise richtig. Sie geht davon aus, dass eine Vermehrung bzw. Fortpflanzung von Individuen stattgefunden hat, die einen etwas längeren Rüssel hatten. Mutationen und daraus entstehende Vorteile greift die Schülerin nicht auf.

Die Aufgabe zur evolutiven Entwicklung des Rüssels bei Elefanten wird am Ende des Interviews von der Schülerin wissenschaftlich korrekt beantwortet und begründet.

Tabelle 79: Kategorisierte Antworten der Schülerin 9 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen der Schülerin wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		2
		teilweise richtig	Nicht vollständig	2	
		falsch	Zielgerichtet	1	

7.4.3 Ergebnisse des Interviews

Im Anschluss an die Bearbeitung von SELECTIVE wurden die Schülerinnen und Schüler zur Bearbeitung interviewt. Die vollständigen Interviews finden sich im Anhang (Anhang 11.20). Die Tabelle 80 zeigt die Zusammenfassung aller drei Interviews aus diesem Zyklus. Zunächst wurden die Schülerinnen und Schüler gefragt, was sie spontan zu diesem Lernarrangement sagen würden. Alle drei Probandinnen und Probanden äußerten sich positiv. Schüler 8 und Schülerin 9 gehen zudem auf die Wiederholungen in den Aufgaben ein. Das Feedback wird von Schülerin 7 als gut hervorgehoben. Zudem vermerkt sie einen Lernerfolg. Schülerin 9 lobt

die Videos. Schüler 8 hingegen findet, dass die Videos eher für jüngere Schülerinnen und Schüler geeignet seien. In der Klasse würde Schülerin 7 davon berichten, wie der Aufbau des Lernarrangements SELECTIVE gestaltet ist, außerdem, dass alles verständlich sei und dass jeder Schüler SELECTIVE bearbeiten solle. Schülerin neun würde berichten, dass es durch die Wiederholungen sehr lehrreich sei.

Tabelle 80: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 3 (Schülerin 7, Schüler 8 und Schülerin 9). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.

Frage	Schülerin 7	Schüler 8	Schülerin 9
Was sagst du denn spontan zu der Software?	Positive Äußerung Lehrerfolg geäußert Feedback gut	Positive Äußerung Wiederholung Videos eher für Jüngere	Satzbausteine gut Wiederholung Videos gut
Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?	Aufbau der Software Alles verständlich Alle Schüler sollten das machen	-	Lehrreich durch Wiederholung
Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?	Man lernt was (Stärke) Feedback (Stärke) Wiederholung (Schwäche)	Wiederholung (Schwäche) Feedback (Stärke)	Feedback (Stärke) Satzbausteine (Stärke) Videos (Stärke) Feedback (Stärke)
Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest!	Keine	Satzbausteinauswahl inhaltlich	Satzbausteine genau lesen
Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?	Mutationen	Nichts	Evolution vertieft
An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?	Alles verstanden	Alles verstanden	Alles verstanden
Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?	-	-	Nichts
In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?	Als alles richtig war	Bilder und Animationen Als alles richtig war	Als alles richtig war
In welchen Momenten hast du Langeweile verspürt?	Nie	Wiederholung in den Videos	Beim letzten Video

Als Stärken werden unterschiedliche Punkte von den Schülerinnen und Schülern angeführt. Alle sind sich einig, dass das Feedback eine Stärke ist. Schülerin 7 sieht zudem eine Stärke darin, dass sie etwas gelernt hat. Schülerin 9 erwähnt auch die Satzbausteine und die Videos positiv. Lediglich Schüler 8 erwähnt, dass es eine Schwäche gibt. Er sieht sie in der Wiederholung innerhalb der Aufgaben. Als schwierig wird von Schüler 8 der Inhalt der

Satzbausteine gesehen. Schülerin 9 hatte Schwierigkeiten, weil sie die Bausteine sehr genau lesen musste. Hinweise zur Umgestaltung des Lernarrangements werden aber keine gegeben. Alle Schülerinnen und Schüler haben Freude erlebt, wenn sie eine Frage komplett richtig beantwortet haben. Langeweile kam bei den Wiederholungen in den Videos auf (S8, Sn9). Schülerin 7 hingegen hat in keinem Moment Langeweile verspürt.

Auf die Frage hin, was die Schülerinnen und Schüler nun gelernt haben, antwortet Schülerin 7, dass sie nun weiß, dass es Mutationen gibt und die mit für die Entwicklung von Lebewesen zuständig sind. Schüler 8 hat nach eigenen Angaben nichts Neues gelernt. Schülerin 9 sagt, dass sie das Thema Evolution vertieft habe.

7.4.4 Evaluation und Weiterentwicklung von SELECTIVE

Nach der Durchführung dieses Zyklus wurden an SELECTIVE keinerlei Änderungen vorgenommen. Die Schülerinnen und Schüler haben in den Interviews keine weiteren Hinweise zur Verbesserung der Gestaltung der Software gegeben. Auch konnte durch die Bearbeitung des Lernarrangements und die dabei gemachten Aussagen der Schülerinnen und Schüler kein Bedarf nach einer Weiterentwicklung abgeleitet werden.

Alle Schülerinnen und Schüler, die SELECTIVE getestet haben, sind dem gymnasialen Schulzweig zuzuordnen. Im vierten und letzten Zyklus dieser Untersuchung wird SELECTIVE nun mit Schülern des Realschulzweiges getestet.

7.5 Vierter Zyklus

7.5.1 Ergebnisse der Segmentmatrizen

Im Folgenden werden die Ergebnisse des vierten Zyklus (Schüler 10-12) detailliert anhand von Segmentmatrizen dargestellt. Dazu wird jeder der drei Lernenden einzeln betrachtet, und die Auswahl der Satzbausteine wird mit den jeweiligen Begründungen der Schüler in Verbindung gebracht. Die Transkripte zu der Satzbausteinwahl finden sich im Anhang (Anhang 11.17).

Schüler 10

Entwicklungsebene (s. Tab. 81)

Schüler 10 wählte im Bereich der Entwicklungsebene zunächst einen falschen Satzbaustein aus. „Alle Geparde“ wurde von ihm mit einer typologischen Fehlvorstellung begründet. Durch eine richtige Begriffsnennung und durch zuvor Gelerntes (strukturelle Begründung) wählt der

Schüler im zweiten Beispiel den richtigen Satzbaustein aus. Die Entwicklungsebene der Beispiele „Ente“ und „Brombeere“ werden von dem Schüler ebenfalls richtig ausgewählt und durch einen erkannten gleichen Satzaufbau begründet.

Tabelle 81: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Begriffsnennung		1		
		falsch	Typologisch	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau			1	1
			Zuvor gelernt			1	

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 82)

Das Antwortverhalten in diesem Beispiel zeigt, dass der Schüler zunächst eine falsche Aussage wählt und in allen folgenden Fragen die richtige Satzbausteinwahl trifft. Der Baustein beim „Gepard“ sieht eine Notwendigkeit der Anpassung vor. Jedoch wird er vom Schüler falsch interpretiert, da in der Begründung nur der Aspekt des Fressens und nicht der der Notwendigkeit bedacht wird („des, weil die ja irgendwas auch essen mussten“ (S10, F1, SB2)). In den folgenden Bausteinen dieser Kategorie wählt der Schüler die richtigen Antworten aus, fällt aber keinerlei Aussage darüber, warum er diese Auswahl trifft.

Tabelle 82: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	1

Merkmal (s. Tab. 83)

Auch in dieser Kategorie macht der Schüler nur im ersten Beispiel einen Fehler und wählt dabei einen fast richtigen Baustein aus. Er gibt für diese Auswahl keine Begründung ab. Trotz einer lamarckistischen Fehlvorstellung in der Begründung des Merkmals beim Kaktus wählt er den richtigen Baustein aus. Da es bei dem Merkmal der Ente nur eine Auswahlmöglichkeit

gibt, wird dies vom Schüler auch so begründet. Die letzte und auch richtige Satzbausteinwahl wird vom Schüler ohne Aussage getroffen.

Tabelle 83: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Lamarckistisch		1		
	strukturell		Einzig Auswahl- möglichkeit			1	
Keine Begründung			Ohne Aussage	1			1

Angepasstheit I (s. Tab. 84)

Der erste Teil der Angepasstheit der Lebewesen wird von dem Schüler in keinem Beispiel korrekt ausgewählt. Die Wahl beim Beispiel „Gepard“ ist eine fast richtige („dadurch konnten sie besser überleben“). In diesem Satzbaustein wird zwar beschrieben, dass die Geparde besser überleben können, aber die Gründe dafür (Fortpflanzung und Jagderfolg) werden nicht genannt. Auch die Begründung des Schülers beinhaltet nur den Part ‚mehr Nahrung‘ aber nicht den der Fortpflanzung. Somit ist die Aussage nur teilweise richtig. Eine anthropomorphe Fehlvorstellung findet sich nicht nur in der Wahl der Angepasstheit der Kakteen sondern auch in der Begründung durch den Schüler (S10, F2, SB4). Bei den beiden anderen Beispielen (Ente und Brombeere) erläutert der Schüler seine Auswahl wieder nicht vollständig. In beiden Beispielen fehlt der Aspekt der Fortpflanzung in Auswahl und Erklärung.

Tabelle 84: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1		1	1
		falsch	Anthropomorph		1		

Angepasstheit II (s. Tab. 85)

Der zweite Teil der Angepasstheit wird von dem Schüler in keinem Beispiel falsch ausgewählt. Nur beim Beispiel des Gepards ist die Wahl fast richtig. Er stimmt der Aussage zu, dass die

Fähigkeiten an die Nachkommen weitergegeben werden. Der Aspekt der Vererbung wird von ihm weder durch die Satzbausteinwahl noch durch seine Aussage erwähnt. Im zweiten Beispiel begründet der Schüler seine korrekte Auswahl durch eine wissenschaftliche Vorstellung. Die beiden letzten Satzbausteine dieser Kategorie werden von dem Schüler ohne Aussage richtig angeklickt.

Tabelle 85: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1		
Keine Begründung			Zustimmung	1			
			Ohne Aussage			1	1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 86)

Der Schüler entscheidet sich bei der Begründung der Angepasstheit in allen vier Beispielen für die richtige Antwort. Zunächst erklärt er sie inhaltlich richtig, indem er einen Bezug zu anderen vorhergehenden Satzbausteinen herstellt (Gepard und Kaktus). Durch eine wissenschaftliche Vorstellung begründet der Schüler inhaltlich korrekt die Wahl des Satzbausteines bei der Ente. Im Beispiel Brombeere trifft der Schüler keine Aussage.

Tabelle 86: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung			1	
			Bezug zu anderen Satzbausteinen	1	1		
Keine Begründung			Ohne Aussage				1

Zeitliche Dimension (s. Tab. 87)

Wie in der Kategorie zuvor (Begründung der Angepasstheit) macht der Schüler auch in der Kategorie „zeitliche Dimension“ keinerlei Fehler bei der Satzbausteinwahl. Eine Begründung

seiner Wahl findet sich aber nur im Beispiel der Ente wieder, indem er strukturell auf einen gleichen Satzaufbau bzw. zuvor Gelerntes eingeht.

Tabelle 87: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 10. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

			Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	strukturell	Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt			1	
Keine Begründung		Ohne Aussage	1	1		1

Zusammenfassung Schüler 10

Der Schüler begründet nur in den wenigsten Fällen seine Auswahl mit einer wissenschaftlichen Vorstellung. Oft trifft er keine Aussage oder begründet seine Wahl strukturell. Im Bereich der Angepasstheit fällt auf, dass der Schüler auch nach mehrmaliger Wiederholung keine korrekte Vorstellung in dieser Kategorie nennt oder auswählt sondern immer wieder Fehler in der Auswahl der Bausteine macht. Außer diesen Fehlern in der Kategorie „Angepasstheit I“ macht der Schüler in den drei Beispielen „Kaktus“, „Ente“ und „Brombeere“ keinerlei Fehler beim Anklicken der Bausteine.

Schüler 11

Entwicklungsebene (s. Tab. 88)

Schüler 11 begründet seine korrekte Auswahl auf der Entwicklungsebene des Gepards teilweise richtig. Er verbindet die wissenschaftliche Vorstellung mit einer zielgerichteten Vorstellung. In den weiteren Beispielen ist seine Begründung inhaltlich falsch, da er den Satzbaustein jedes Mal fehlinterpretiert. So geht er beim Kaktus davon aus, dass sich ‚alle Vorfahren der Kakteen‘ entwickelt haben müssen, da „wahrscheinlich alle Kakteen Wasserspeicherzellen haben“ (S11, F2, SB1). Auch in den Beispielen der Ente und der Brombeere lassen die Begründungen auf eine falsche Interpretation des Satzbausteines schließen. Dennoch werden sie richtig ausgewählt. Eine weitere Begründung findet sich bei der „Brombeere“, wo der Schüler seine Auswahl zusätzlich strukturell erläutert.

Tabelle 88: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Wiss. korrekt + Zielgerichtet	1			
		falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein		1	1	1
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt				1

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 89)

Die Gründe und Auslöser der Anpassung werden vom Schüler kein einziges Mal richtig ausgewählt. In den meisten Fällen, Ausnahme ist hier die Brombeere, findet keine Begründung der Auswahl statt. Der Schüler stimmt dieser Auswahl einfach zu oder trifft gar keine Aussage. Die Auswahl im Beispiel „Brombeere“ wird inhaltlich nicht vollständig, also teilweise begründet. Er geht dabei auf das Licht ein, das Pflanzen zum Wachsen brauchen. Der Auslöser bzw. Grund der Anpassung wird dabei aber nicht genannt. Gepard und Brombeere werden durch die Auswahl eine Notwendigkeit der Anpassung zugeschoben. Bei den Enten wird einer lamarckistischen Auffassung zugestimmt, und die Auswahl beim Kaktus ist fast richtig. Hier wird die Zufälligkeit vernachlässigt, aber der langsame Prozess bedacht.

Tabelle 89: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig				1
Keine Begründung			Zustimmung	1		1	
			Ohne Aussage		1		

Merkmal (s. Tab. 90)

Das Merkmal wird in den ersten beiden Beispielen fast richtig ausgewählt. In den beiden weiteren Beispielen ist die Auswahl korrekt. Ohne eine Begründung wählt der Schüler zunächst den Baustein ‚schneller‘. Im Beispiel Kaktus wird der Satzbaustein falsch interpretiert, da der Schüler davon ausgeht, dass lediglich ‚mehr Wasser‘ gespeichert wird,

aber nicht ‚mehr Wasser als andere‘. Das Wort „andere“ bezieht er auf weitere Lebewesen und fragt sich, welche neben dem Kaktus sonst noch Wasser speichern könnten. Bei der Ente wird keine Aussage getroffen. Trotz einer zielgerichteten Fehlvorstellung wird der letzte Satzbaustein dieser Kategorie richtig ausgewählt.

Tabelle 90: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein		1		
			Zielgerichtet				1
Keine Begründung			Ohne Aussage	1		1	

Angepasstheit I (s. Tab. 91)

Die Angepasstheit der Lebewesen wird zunächst beim Beispiel „Gepard“ fast richtig ausgewählt. Danach folgen ausschließlich korrekte Antworten. Der Schüler begründet seine Auswahl durch eine zielgerichtete Vorstellung. Dem Satzbaustein fehlt der Aspekt der Fortpflanzung, und er ist somit nur fast richtig gewählt. Keine Begründung findet sich bei der Wahl der Angepasstheit der Lebewesen Kaktus und Ente. Die Auswahl der Angepasstheit der Brombeere ist zwar richtig, wird aber wie zu Beginn zielgerichtet begründet.

Tabelle 91: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Zielgerichtet	1			1
Keine Begründung			Zustimmung		1		
			Ohne Aussage			1	

Angepasstheit II (s. Tab. 92)

Der Schüler beschreibt zwar, dass die Geparde durch die Anpassung besser überleben, geht aber in seiner Auswahl nicht auf die Vererbung an die Nachkommen ein. Somit ist die Begründung wissenschaftlich korrekt, aber die Auswahl nur teilweise richtig. Die weiteren Angepasstheiten der anderen Beispiele werden korrekt gewählt. Die Auswahl bei „Kaktus“ und „Ente“ werden nicht begründet. Im Beispiel Brombeere erfolgt die Begründung inhaltlich

durch eine richtige Begriffsnennung („durch Evolution“ (S11, F4, SB5)), ohne den Begriff genau zu definieren.

Tabelle 92: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung	1			
			Begriffsnennung				1
Keine Begründung			Zustimmung		1		
			Vermutung			1	

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 93)

In allen vier Beispielen wählt der Schüler die richtige Antwort aus, begründet diese aber nicht, da er keine Aussage zu seiner Auswahl trifft.

Tabelle 93: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

		Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Keine Begründung	Ohne Aussage	1	1	1	1

Zeitliche Dimension (s. Tab. 94)

Zunächst verwendet der Schüler eine inhaltliche nicht vollständige Begründung für die zeitliche Dimension („weil das ja nicht einfach so mal in ein paar Jahren passiert“ (S11, F1, SB7)). In allen weiteren Beispielen, deren Satzbausteine ebenfalls korrekt sind, begründet der Schüler seine Entscheidung strukturell durch einen gleichen Satzaufbau bzw. zuvor Gelerntes.

Tabelle 94: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 11. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1			
	strukturell		Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt		1	1	1

Zusammenfassung Schüler 11

Auffällig ist, dass der Schüler, trotz vieler korrekter ausgewählter Satzbausteine, immer wieder Fehlvorstellungen in seinen Begründungen ausspricht. Häufig sind dies zielgerichtete Vorstellungen. So werden auch im letzten Beispiel noch finalistische Fehlvorstellungen angebracht. Durch die Kategorie „Gründe und Auslöser der Anpassung“ wird deutlich, dass der Schüler auch nach mehrmaligen Wiederholungen eine Notwendigkeit in der Angepasstheit auswählt. Lamarckistische und typologische Vorstellungen kommen nur vereinzelt vor.

Schüler 12

Entwicklungsebene (s. Tab. 95)

„Weil es um den Gepard an sich geht“ (S12, F1, SB1) ist die inhaltlich falsche Begründung der Auswahl des ersten Satzbausteines ‚ein Gepard‘. Eine weitere Fehlinterpretation findet sich im zweiten Beispiel. Der Schüler wählt den falschen Satzbaustein ‚alle Vorfahren der Kakteen‘, da er davon ausgeht, dass es vorher schon mehrere Kakteen gab und nicht nur einen. Die weiteren Beispiele werden korrekt ausgewählt aber nicht begründet.

Tabelle 95: Segmentmatrix ‚Entwicklungsebene‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein	1	1		
Keine Begründung			Ohne Aussage			1	1

Gründe und Auslöser der Anpassung (s. Tab. 96)

Zunächst stimmt der Schüler einer Notwendigkeit bei der Anpassung des Gepards zu. Durch das gesehene Video begründet er in den folgenden beiden Beispielen (Kaktus und Ente) seine korrekte Auswahl inhaltlich richtig. Auch die Gründe und Auslöser der Anpassung bei der Brombeere werden korrekt ausgewählt und inhaltlich teilweise richtig begründet. Der Schüler geht bei seiner Begründung zwar auf Mutationen ein aber nicht auf deren Zufälligkeit.

Tabelle 96: Segmentmatrix ‚Gründe und Auslöser der Anpassung‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Video		1	1	
		teilweise richtig	Nicht vollständig				1
Keine Begründung			Zustimmung	1			

Merkmal (s. Tab. 97)

Durch eine Fehlinterpretation des ersten Satzbausteines dieser Kategorie wählt der Schüler den richtigen Baustein aus: Er geht davon aus, dass „er schneller als andere ist, da er zu den schnellsten Tieren der Welt gehört“ (S12, F1, SB3) und bezieht das Wort ‚andere‘ auf andere Lebewesen und nicht auf die Artgenossen des Gepards. Die Wahl im Beispiel „Kaktus“ ist fast richtig und wird ohne Aussage getroffen. Das Merkmal der Ente ist korrekt, da es hier nur eine Wahlmöglichkeit gibt. Der Schüler macht dazu keine Aussage. Durch einen inhaltlich richtigen Bezug zu anderen Satzbausteinen trifft der Schüler im Beispiel Brombeere die richtige Entscheidung bei der Satzbausteinwahl.

Tabelle 97: Segmentmatrix ‚Merkmal‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	richtig	Bezug zu anderen Satzbausteinen				1
		falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	

Angepasstheit I (s. Tab. 98)

Die Fehlinterpretation des Satzbausteines aus der Kategorie „Merkmal“ im Beispiel „Gepard“ zeigt sich auch in der Kategorie „Angepasstheit I“ („weil er halt schneller ist als andere Tiere“ (S12, F1, SB4)). Der Satzbaustein an sich ist fast richtig, da er den Jagderfolg behandelt aber nicht die Fortpflanzung. Die Angepasstheit des Kaktus wird inhaltlich teilweise richtig begründet; dennoch wird ein finalistischer Baustein gewählt. Der Schüler begründet eine bessere Versorgung durch die Lebensraumerweiterung. Auch in diesem Beispiel wird die

Fortpflanzung weder ausgewählt noch genannt. Im Beispiel der „Ente“ erklärt der Schüler nun seine Auswahl, die fast richtig ist, durch einen Vorteil gegenüber anderen Individuen der Population. Dennoch wird auch hier wieder der Fortpflanzungsaspekt bei der Auswahl nicht bedacht. Die Angepasstheit der Brombeere wird korrekt aber ohne Aussage gewählt.

Tabelle 98: Segmentmatrix ‚Angepasstheit I‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Gelb: fast richtiger Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig		1	1	
		falsch	Fehlinterpretation Satzbaustein	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage				1

Angepasstheit II (s. Tab. 99)

„Als Nächstes klicke ich an, dass er seine Jungtiere trainierte, weil die auch hinterher viel jagen müssen“ (S12, F1, SB5). Dies ist die Begründung des Schülers für den zweiten Teil der Angepasstheit im Beispiel „Geparde“. Im Bereich des Kaktus liegt eine finalistische Satzbausteinwahl vor, die nicht begründet wird. Die Angepasstheit der Ente und Brombeere wird ohne Aussage richtig ausgewählt.

Tabelle 99: Segmentmatrix ‚Angepasstheit II‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). Rot: falscher Satzbaustein. Grün: richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Lernen von den Eltern	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	1

Begründung der Angepasstheit (s. Tab. 100)

Der Schüler bezieht sich im Beispiel des Gepards auf seine zuvor vorgenommene Auswahl, dass die Eltern die Jungtiere trainieren und die dadurch schneller werden. Alle weiteren Entscheidungen zur Begründung der Angepasstheit werden korrekt aber ohne Aussage getroffen.

Tabelle 100: Segmentmatrix ‚Begründung der Angepasstheit‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Rot:** falscher Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

				Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Begründung	inhaltlich	falsch	Bezug zu anderen Satzbausteinen	1			
Keine Begründung			Ohne Aussage		1	1	1

Zeitliche Dimension (s. Tab. 101)

„Die Entwicklung hat sich immer wiederholt“ ist der Satzbaustein, dem der Schüler beim Beispiel „Gepard“ zunächst zustimmt. Dabei wird die Entwicklung von Generation zu Generation nicht angesprochen. In allen folgenden Beispielen wird der richtige Satzbaustein gewählt. Dabei wird wieder keinerlei Aussage getroffen.

Tabelle 101: Segmentmatrix ‚Zeitliche Dimension‘ Schüler 12. Darstellung der kategorisierten Aussagen (links) des Schülers zur Satzbausteinauswahl in allen vier Beispielen (oben). **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Die Zahlen in der Matrix geben die Anzahl der Aussagen wieder.

		Gepard	Kaktus	Ente	Brombeere
Keine Begründung	Zustimmung	1			
	Ohne Aussage		1	1	1

Zusammenfassung Schüler 12

Trotz weniger Aussagen des Schülers kann festgehalten werden, dass der Schüler zu Beginn der Bearbeitung des Lernarrangements verschiedenste Fehlvorstellungen anklickt. So wählt er eine Notwendigkeit der Anpassung und beschreibt, dass die Jungtiere von den Eltern trainiert werden und somit heute schneller laufen als ihre Vorfahren. Auch eine finalistische Vorstellung lässt sich im pflanzlichen Beispiel Kaktus wiederfinden. Diese Fehlvorstellungen finden sich in der späteren Auswahl nicht wieder. Der Schüler begründet seine Auswahl nie durch eine wissenschaftliche Vorstellung. Im Bereich Angepasstheit werden die meisten Fehler gemacht. Er wählt zwar im letzten Beispiel der Angepasstheit (Brombeere) die richtigen Bausteine aus, begründet diese aber nicht inhaltlich. In den zuvor gewählten Bausteinen fehlt der Aspekt der Vererbung jedes Mal.

7.5.2 Ergebnisse des Prä-Post-Tests

Schüler 10 (s. Tab. 102)

Schüler 10 beantwortet die Frage sowie die Nachfragen sehr knapp. Zunächst gibt er eine zielgerichtete Antwort. Auf weitere Nachfragen gibt er entweder seine Unwissenheit preis oder aber begründet wieder mit einer zielgerichteten Vorstellung. Lediglich die zeitliche Dimension der Entwicklung wird von ihm teilweise richtig (nicht vollständig) wiedergegeben. Er geht dabei von einem längeren Zeitraum aus, aber nicht von einer Entwicklung von Generationen zu Generationen. Nach der Bearbeitung sind seine Antworten auf die Frage wissenschaftlich korrekt.

Tabelle 102: Kategorisierte Antworten des Schülers 10 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		2
		teilweise richtig	Nicht vollständig	1	
		falsch	Zielgerichtet	2	
Keine Begründung			Unwissenheit	2	

Schüler 11 (s. Tab. 103)

Schüler 11 generiert fast ausschließlich Fehlvorstellungen, um die Frage zu Beginn zu beantworten. Er geht dabei davon aus, dass die Anpassung zielgerichtet und aktiv abläuft. Der Begriff Evolution wird auf eine Nachfrage hin richtig genutzt aber nicht näher erläutert. Die Zielgerichtetheit findet sich auch in der Beantwortung der Frage zum Schluss der Untersuchung wieder. Dabei verknüpft der Schüler, nachdem er den Begriff Evolution in einem richtigen Zusammenhang aber ohne Erläuterung erwähnt hat, diese Fehlvorstellung mit einer wissenschaftlichen Erklärung. Die Nachfrage zur aktiven Anpassung wird von dem Schüler wissenschaftlich korrekt beantwortet.

Tabelle 103: Kategorisierte Antworten des Schülers 11 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	richtig	Wiss. Vorstellung		1
			Begriffsnennung	1	1
		teilweise richtig	Wiss. korrekt + Zielgerichtet		1
			Zielgerichtet	1	
falsch	Aktive Anpassung	2			

Schüler 12 (s. Tab. 104)

Die Frage wird von Schüler 12 zunächst nicht beantwortet, sondern er zeigt seine Unwissenheit. Durch eine Aufforderung, Vermutungen anzustellen, begründet der Schüler die Entwicklung durch eine zielgerichtete Vorstellung. Zu den Gründen und Auslösern der Anpassung gibt der Schüler eine nicht vollständige, aber somit teilweise richtige Begründung ab. In der Beantwortung der Frage nach der Bearbeitung stellt der Schüler ausschließlich inhaltliche Begründungen an. Diese sind teilweise richtig, zunächst aber nicht vollständig, doch auf eine Nachfrage zur zeitlichen Dimension ist die Antwort zu Teilen wissenschaftlich korrekt. Der Schüler geht aber davon aus, dass nach der ersten Generation bei einigen Elefanten der Rüssel vollständig ausgebildet ist.

Tabelle 104: Kategorisierte Antworten des Schülers 12 beim Prä- und Posttest. Die Zahlen geben die Anzahl der Aussagen des Schülers wieder.

				Vorher	Nachher
Begründung	inhaltlich	teilweise richtig	Nicht vollständig	1	1
			Wiss. korrekt + zeitliche Fehlvorstellung		1
		falsch	Zielgerichtet	1	
Keine Begründung			Unwissenheit	2	

7.5.3 Ergebnisse des Interviews

Das Interview nach der Bearbeitung von SELECTIVE wurde auch im letzten Zyklus mit allen drei Schülern durchgeführt. Eine Übersicht der Antworten und Fragen gibt Tabelle 105 wieder. Die ausführlichen Interviews finden sich im Anhang (Anhang 11.20) wieder. Die Schüler äußern sich positiv gegenüber der Software und erwähnen in diesem Zusammenhang die Videos (S10, S12). Schüler 10 und 11 finden darüber hinaus SELECTIVE lehrreich. Die Beantwortung der Fragen im Lernarrangement durch Satzbausteine war für Schüler 11 gewöhnungsbedürftig. Schüler 12 befand es als positiv, dass wenig Text in den Satzbausteinen zu lesen war. In der Klasse würden die Schüler berichten, dass SELECTIVE interessant (S10), lehrreich und besser als ein Schulbuch sei (S12). Die Frage, welche Stärken und Schwächen das Lernarrangement hat, wird von den Schülern ausschließlich mit Stärken beantwortet. Stärken sind in den Augen der Schüler die Satzbausteine und Hintergrundbilder (S10), die Erklärungen, das Feedback (S11) und die Videos (S11, S12). Als Schwierigkeiten bei der Bearbeitung werden von Schüler 11 die Inhalte der Satzbausteine angegeben. Schüler 12 nennt diese ebenfalls, beschreibt

aber, dass dies nur im ersten Beispiel „Gepard“ der Fall war. In den weiteren Fragen waren die Inhalte wegen der Videos und des Feedbacks kein Problem mehr. Verständnisschwierigkeiten gab es nur in der Beantwortung der ersten Frage. Schüler 11 bezieht sich dabei auf die Satzbausteinwahl und Schüler 12 auf die Mutation. Inhaltlich wurde ansonsten aus Sicht der Schüler alles verstanden. Schüler 12 würde sich mehr Farbe in SELECTIVE wünschen. Die anderen Schüler würden an der Gestaltung nichts ändern.

Tabelle 105: Zusammenfassung der Interviews aus Zyklus 3 (Schülerin 7, Schüler 8 und Schülerin 9). Ein Minuszeichen in der Tabelle zeigt an, dass die Frage dem jeweiligen Schüler/ der jeweiligen Schülerin nicht gestellt wurde.

Frage	Schüler 10	Schüler 11	Schüler 12
Was sagst du denn spontan zu der Software?	Positive Äußerung Videos gut Lehrreich	Lehrreich Informativ Satzbausteine gewöhnungsbedürftig	Positive Äußerung Videos informativ Wenig Text in Satzbausteinen gut
Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?	Interessant	-	Lehrreich Wenig Text, besser als Schulbuch
Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?	Satzbausteine (Stärke) Hintergrundbilder (Stärke)	Erklärungen (Stärke) Lehrreich (Stärke) Feedback (Stärke) Videos (Stärke)	Videos (Stärke)
Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest!	Keine	Satzbausteinauswahl inhaltlich	Inhalt der ersten Frage Nach Feedback und Video kein Problem mehr
Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?	Vererbung Evolution Kaktus kann Wasser speichern	Entwicklung der Brombeerstacheln Geparde waren früher langsamer	Mutation
An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?	Alles verstanden	Satzbausteinwahl in der ersten Frage Inhaltlich alles verstanden	Mutation am Anfang schwer Alles verstanden
Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?	Nichts	-	Mehr Farbe
In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?	Videos	Bei der Beantwortung Als alles richtig war	Als alles richtig war
In welchen Momenten hast du Langeweile verspürt?	Bei viel Text	Bei viel Text	Allgemein kein Interesse an Biologie

Langeweile wurde von den Schülern 10 und 11 verspürt, wenn viel Text vorhanden war. Schüler 12 äußert auf die Frage der Langeweile sein allgemeines Desinteresse am Fach Biologie. Neben der Langeweile wurde auch Freude beim Bearbeiten empfunden. Dies war vor allem der Fall, wenn die Schüler bei der Beantwortung alles richtig hatten (S11, S12). Auch

die Videos (S10) und die Bearbeitung an sich (S11) wurden positiv erwähnt. Auf die Erkundigung hin, was die Schüler durch die Bearbeitung gelernt haben, gab es sehr unterschiedliche Antworten. Schüler 10 beschreibt, dass er jetzt weiß, was Vererbung und Evolution ist und dass der Kaktus Wasser speichern kann. Schüler 11 nennt hier die Entwicklung der Brombeerstacheln und die Entwicklung der Laufgeschwindigkeit der Geparde. Schüler 12 konnte vor der Bearbeitung des Lernarrangements nichts mit dem Begriff Mutation anfangen. Diesen hat er nach eigenen Angaben nun verstanden.

7.6 Zusammenstellung der Ergebnisse

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass alle Schülerinnen und Schüler im ersten Beispiel (Gepard) von SELECTIVE mehr falsche Satzbausteine auswählen als in den folgenden (Tab. 106/107). Im Bereich der „Entwicklungsebene“ beim Gepard klicken sieben Schülerinnen und Schüler einen falschen Baustein an. In Aufgabe 2 sind es noch drei Schülerinnen und Schüler, und in den letzten beiden Beispielen ist in dieser Kategorie kein fehlerhafter Satzbaustein ausgewählt worden. Bei allen anderen Kategorien ist eine ähnliche Entwicklung zu erkennen. Zu Beginn der Bearbeitung werden viele falsche Bausteine oder nur teilweise richtige ausgewählt, und mit jedem weiteren Beispiel erhöht sich die Anzahl richtiger Bausteine. Im zweiten Beispiel (Kaktus) finden sich die falschen Bausteine in der Kategorie „Entwicklungsebene“, „Angepasstheit I“, „Angepasstheit II“ und „Begründung der Angepasstheit“ wieder. Beim Beispiel der Ente werden noch insgesamt vier falsche Bausteine angeklickt. Diese verteilen sich gleichermaßen auf die Kategorien „Gründe und Auslöser der Anpassung“, „Angepasstheit I“, „Angepasstheit II“ und „Begründung der Angepasstheit“. Im letzten Beispiel werden insgesamt drei falsche Bausteine ausgewählt, zwei im Bereich „Gründe und Auslöser der Anpassung“ und einer im Bereich „Begründung der Angepasstheit“. Die Auswahl der teilweise richtigen Bausteine nimmt ebenfalls während der Bearbeitung von Aufgabe zu Aufgabe ab. Die meisten dieser angeklickten Bausteine lassen sich der Kategorie „Angepasstheit I“ und „Angepasstheit II“, also der Merkmalsausprägung und Funktion der Merkmale, zuordnen (vgl. Tab 106/107).

Kein Lernender wählt innerhalb eines Beispiels alle Satzbausteine falsch aus. Teilweise richtige oder richtige Satzbausteine sind neben den falschen Bausteinen in jedem Antwortsatz zu finden.

Tabelle 106: Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 1 und 2 (Gepard und Kaktus). **Rot:** falscher Satzbaustein, **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der richtig, fast richtig und falsch gewählten Satzbausteine angegeben. Die Buchstaben in der Tabelle geben die sieben Satzbausteinkategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Zahlen hinter den Buchstaben geben an, welcher Satzbaustein gewählt wurde (vgl. Anhang 11.2, 11.3 und 11.17).

Satzbausteine	Frage 1 - Gepard							Frage 2 - Kaktus						
	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Schülerin 1	E2	G1	M1	AI6	AII10	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schülerin 2	E3	G1	M1	AI8	AII8	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 3	E1	G1	M1	AI4	AII4	B2	Z4	E3	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 4	E3	G1	M1	AI8	AII9	B2	Z4	E4	G9	M1	AI12	AII10	B1	Z3
Schülerin 5	E2	G2	M1	AI4	AII2	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 6	E3	G1	M2	AI5	AII5	B2	Z4	E2	G2	M2	AI7	AII8	B3	Z3
Schülerin 7	E2	G3	M2	AI5	AII2	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 8	E3	G2	M2	AI4	AII1	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schülerin 9	E2	G2	M2	AI5	AII4	B2	Z4	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 10	E3	G1	M1	AI3	AII2	B2	Z4	E2	G2	M2	AI2	AII3	B1	Z3
Schüler 11	E2	G1	M1	AI3	AII5	B2	Z4	E3	G4	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 12	E4	G6	M2	AI13	AII13	B3	Z3	E3	G2	M1	AI8	AII5	B1	Z3
Gesamt	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Richtig	5	3	5	3	2	11	11	8	10	9	8	9	11	12
Fast Richtig	0	1	7	6	6	0	1	0	1	3	1	1	0	0
Nicht Richtig	7	8	0	3	4	1	0	4	1	0	3	2	1	0

Tabelle 107: Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 3 und 4 (Ente und Brombeere). **Rot:** falscher Satzbaustein, **Gelb:** fast richtiger Satzbaustein. **Grün:** richtiger Satzbaustein. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der richtig, fast richtig und falsch gewählten Satzbausteine angegeben. Die Buchstaben in der Tabelle geben die sieben Satzbaustein-kategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Zahlen hinter den Buchstaben geben an, welcher Satzbaustein gewählt wurde (vgl. Anhang 11.4, 11.5 und 11.17).

Satzbausteine	Frage 3 - Ente							Frage 4 - Brombeere						
	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Schülerin 1	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schülerin 2	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 3	E2	G2	M1	AI7	AII8	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII1	B1	Z3
Schüler 4	E2	G2	M1	AI1	AII3	B1	Z3	E2	G1	M1	AI4	AII3	B2	Z3
Schülerin 5	E2	G2	M1	AI4	AII3	B3	Z3	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 6	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schülerin 7	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 8	E2	G2	M1	AI1	AII1	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schülerin 9	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G2	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 10	E2	G2	M1	AI1	AII3	B1	Z3	E2	G2	M2	AI3	AII3	B1	Z3
Schüler 11	E2	G4	M1	AI4	AII3	B1	Z3	E2	G1	M1	AI4	AII3	B1	Z3
Schüler 12	E2	G2	M1	AI1	AII3	B1	Z3	E2	G2	M2	AI4	AII3	B1	Z3
Gesamt	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Richtig	12	11	12	7	10	11	12	12	10	12	11	11	11	12
Fast Richtig	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Nicht Richtig	0	1	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0

Weiterhin lässt sich durch die Begründungen zur Satzbausteinwahl festhalten, dass die Schülerinnen und Schüler im zweiten und dritten Beispiel des Lernarrangements SELECTIVE häufiger wissenschaftlich argumentieren als in den beiden anderen Beispielen (Tab 108/109). Im ersten Beispiel werden oftmals keine oder inhaltlich falsche Begründungen abgegeben. Viele Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen an, stimmen Satzbausteinen einfach zu oder begründen ihre Auswahl mit Fehlvorstellungen. Im letzten Beispiel dagegen finden sich hauptsächlich keinerlei Aussagen zur Satzbausteinwahl oder aber strukturelle Begründungen. Den Begründungen lassen sich neben den wissenschaftlichen Vorstellungen folgende Teilvorstellungen zuordnen: Zielgerichtetheit (7 Begründungen), Aktive Anpassung (3 Begründungen), Notwendigkeit (2 Begründungen), typologische (4 Begründungen), anthropomorphe (1 Begründung), und lamarckistische (1 Begründung) Vorstellungen, Lernen von den Eltern (4 Begründungen) und veränderte Lebensbedingungen als Auslöser für die evolutive Entwicklung (1 Begründung).

Tabelle 108: Begründungen der Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 1 und 2 (Gepard und Kaktus). **Rot:** Begründung inhaltlich falsch, **Gelb:** Begründung inhaltlich teilweise richtig, **Grün:** Begründung inhaltlich richtig. **Blau:** Begründung strukturell, **Grau:** keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die zweite Zeile der Tabelle gibt die sieben Satzbausteinkategorien wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7).

Begründungen	Frage 1 - Gepard							Frage 2 - Kaktus						
	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Schülerin 1														
Schülerin 2														
Schüler 3														
Schüler 4														
Schülerin 5														
Schüler 6														
Schülerin 7														
Schüler 8														
Schülerin 9														
Schüler 10														
Schüler 11														
Schüler 12														
Gesamt	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Richtig	0	0	1	1	2	1	2	4	7	4	3	4	2	4
Teilweise richtig	2	1	0	2	3	1	2	0	1	0	4	1	1	1
Nicht richtig	3	2	1	3	2	2	0	3	0	3	1	0	1	0
Strukturell	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2	1	0	1	4
Keine Begründung	7	9	10	6	5	8	8	1	2	3	3	7	7	3

Tabelle 109: Begründungen der Satzbausteinwahl aller Schülerinnen und Schüler zu den Fragen 3 und 4 (Ente und Brombeere). **Rot:** Begründung inhaltlich falsch, **Gelb:** Begründung inhaltlich teilweise richtig, **Grün:** Begründung inhaltlich richtig. **Blau:** Begründung strukturell, **Grau:** keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die zweite Zeile der Tabelle gibt die sieben Satzbausteinkategorien/Teilvorstellungen wieder. E: Entwicklungsebene, G: Gründe und Auslöser der Anpassung, M: Merkmal, AI: Angepasstheit I, AII: Angepasstheit II, B: Begründung der Angepasstheit, Z: Zeitliche Dimension. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7).

Begründungen	Frage 3 - Ente							Frage 4 - Brombeere						
	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Schülerin 1														
Schülerin 2							N					F		
Schüler 3														
Schüler 4							N							
Schülerin 5														
Schüler 6														
Schülerin 7		N												
Schüler 8		N											N	
Schülerin 9														
Schüler 10				N							N			
Schüler 11														
Schüler 12				N										
Gesamt	E	G	M	AI	AII	B	Z	E	G	M	AI	AII	B	Z
Richtig	2	3	0	5	3	6	3	0	1	2	2	2	0	1
Teilweise richtig	0	0	0	2	0	0	2	0	2	0	2	1	1	0
Nicht richtig	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4	1	0	0	0
Strukturell	6	6	5	2	2	0	6	10	2	1	2	3	2	8
Keine Begründung	3	3	7	3	7	5	1	1	6	5	5	6	9	3

Im Prätest wird die Entwicklung des Rüssels von Elefanten von den Schülerinnen und Schülern teilweise richtig oder aber falsch begründet (Tab. 110). Eine wissenschaftliche Teilvorstellung lässt sich bei mehreren Schülerinnen und Schülern wiederfinden, die entweder nicht vollständig ist und somit nur Teile der wissenschaftlichen Vorstellung widerspiegelt, oder mit einer Fehlvorstellung verknüpft wird. Jeder Lernende äußert im Prätest mindestens eine Fehlvorstellung. Die häufigste ist die Zielgerichtetheit und tritt bei allen Schülerinnen und Schülern auf. Bei zwei Lernenden ist sie nicht isoliert, sondern steht in Verbindung mit einer wissenschaftlichen Teilvorstellung. Aktive Anpassung, Notwendigkeit, typologische und zeitliche Fehlvorstellungen hingegen werden deutlich seltener, teilweise nur einmalig genannt. Fehlvorstellungen, die Schülerinnen und Schüler im Posttest nennen, stehen nicht

isoliert, sondern werden immer in Verbindung mit einer wissenschaftlichen Teilvorstellung erwähnt. Die Zielgerichtetheit, die anfänglich bei jedem Lernenden präsent war, ist nur noch bei einem Schüler wiederzufinden. Im Posttest ist die Notwendigkeit der Anpassung die am Häufigsten geäußerte Fehlvorstellung. Fünf Schülerinnen und Schüler begründen die Entwicklung des Rüssels im Posttest durch eine wissenschaftliche (Teil-)Vorstellung ohne Fehlvorstellungen (Tab. 110).

Tabelle 110: Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler im Prä- und Posttest zur Entwicklung des Rüssels von Elefanten. **Rot:** Begründung inhaltlich falsch, **Gelb:** Begründung inhaltlich teilweise richtig, **Grün:** Begründung inhaltlich richtig. **Blau:** Begründung strukturell, **Grau:** keine Begründung. Im unteren Teil der Tabelle wird die Anzahl der einzelnen Begründungen angegeben. Die Zahlen in den Zellen geben die Anzahl der getroffenen Aussagen zur offenen Fragestellung wieder. Die genannten Fehlvorstellungen der einzelnen Schülerinnen und Schüler sind unterhalb der Anzahl der Aussagen zu finden. Die Buchstaben in den gelben Zellen geben an, um welche Art von teilweise richtiger Begründung es sich handelt. N: Richtig, aber nicht vollständig, F: wiss. Vorstellung + Fehlvorstellung (vgl. Kap 7 und Anhang 11.18).

Prä- und Posttest	Prätest					Posttest				
	Bir	Bitr	Bif	Bs	kB	Bir	Bitr	Bif	Bs	kB
Schüler 4	0	3 (F)	0	0	1	2	1 (F)	0	2	0
	Notwendigkeit (2) + Zielgerichtetheit					Notwendigkeit				
Schülerin 5	0	2 (F)	1	0	0	0	1 (N)	0	1	0
	Notwendigkeit + Zielgerichtetheit (2)					-				
Schüler 6	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
	Zielgerichtetheit + Aktive Anpassung					-				
Schülerin 7	0	1 (F) 1 (N)	0	0	3	0	1 (N)	0	0	0
	Zielgerichtetheit					-				
Schüler 8	0	0	2	0	0	0	1 (F)	0	0	0
	Zielgerichtetheit (2)					Notwendigkeit				
Schülerin 9	0	2 (N)	1	0	0	2	0	0	0	0
	Zielgerichtetheit					-				
Schüler 10	0	1 (N)	2	0	2	2	0	0	0	0
	Zielgerichtetheit (2)					-				
Schüler 11	1	0	3	0	0	2	1 (F)	0	0	0
	Zielgerichtetheit + Aktive Anpassung (2)					Zielgerichtetheit				
Schüler 12	0	1 (N)	1	0	2	0	1 (F) 1 (N)	0	0	0
	Zielgerichtetheit					Zeitliche Fehlvorstellung				
	Bir	Bitr	Bif	Bs	kB	Bir	Bitr	Bif	Bs	kB
Gesamt	1	6 (F) 5 (N)	12	0	8	9	4 (F) 3 (N)	0	3	0

Insgesamt treten bei den Schülerinnen und Schülern verschiedene fehlerhafte Teilvorstellungen auf (Tab. 111). Im Prätest sind dies Zielgerichtetheit (alle Schülerinnen und Schüler), die Notwendigkeit der Anpassung und die aktive Anpassung (je 2 Schülerinnen und Schüler). Diese Teilvorstellungen finden sich auch im ersten Beispiel von SELECTIVE wieder, wobei die Notwendigkeit der Anpassung sowie die aktive Anpassung bei mehr Schülerinnen und Schülern auftreten, als die Zielgerichtetheit. Zudem treten in diesem Beispiel typologische Teilvorstellungen, Vorstellungen auf der Individualebene und das Lernen von den Eltern als fehlerhafte Teilvorstellungen auf. In der zweiten Aufgabe (Kaktus) wählen weniger Schülerinnen und Schüler fehlerhafte Bausteine aus, als im ersten. Die Zielgerichtetheit wird von zwei Schülerinnen und Schülern angegeben; Notwendigkeit und aktive Anpassung hingegen gar nicht. Die typologische Teilvorstellung ist beim Kaktus die am häufigsten auftretende. Vorstellungen auf Individualebene und das Lernen von den Eltern werden nur einmalig gewählt. Eine lamarckistische Teilvorstellung wird von einem Schüler angeklickt. Im zweiten zoologischen Beispiel wählen drei Schülerinnen und Schüler je eine fehlerhafte Teilvorstellung aus (Zielgerichtetheit, Lernen von den Eltern und Einfluss veränderter Lebensbedingungen auf die Anpassung). Die Notwendigkeit der Anpassung sowie die aktive Anpassung werden von zwei Schülerinnen und Schülern im letzten Beispiel gewählt. Der Einfluss veränderter Lebensbedingungen ist in diesem Beispiel ebenfalls von einem Schüler angeklickt worden. Zielgerichtetheit, Notwendigkeit der Anpassung und eine zeitliche Fehlvorstellung sind Teilvorstellungen die vier Schülerinnen und Schüler im Posttest nennen.

Tabelle 111: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die Fehlvorstellungen in Prä- und Posttest äußern und fehlerhafte Bausteine bei den einzelnen Beispielen in SELEVCTIVE wählen.

	Zielgerichtetheit	Notwendigkeit der Anpassung	Aktive Anpassung	Typologische Vorstellung	Vorstellung auf Individualebene	Lernen von den Eltern	Einfluss veränderter Lebensbedingungen	Lamarckistische Vorstellung	Zeitliche Fehlvorstellung
Prätest (n=9)	9	2	2	0	0	0	0	0	0
Gepard (n=12)	3	8	8	5	2	2	0	0	0
Kaktus (n=12)	2	0	0	3	1	1	0	1	0
Ente (n=12)	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Brombeere (n=12)	0	2	2	0	0	0	1	0	0
Posttest (n=9)	1	2	0	0	0	0	0	0	1

8 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es, ein computerbasiertes Lernarrangement zum Thema „evolutive Anpassung“ für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 anhand der Prinzipien der fachdidaktischen Entwicklungsforschung nach dem Dortmunder Modell (Prediger et al. 2012) zu entwickeln. Dieses Lernarrangement sollte dazu geeignet sein, Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu diagnostizieren und gleichzeitig einen Vorstellungswechsel hin zu wissenschaftlichen zu fördern. Durch die gesellschaftlich und fachlich hohe Bedeutung des Themas Evolution (Kap. 3.6) und die bisher erhobenen Fehlvorstellungen zu diesem Themengebiet (Kap. 3.7) wird deutlich, dass die Vermittlung wissenschaftlicher Vorstellungen essentiell für einen wissenschaftsorientierten Unterricht (Graf 2006, Kap. 3.2) ist. Die Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell (Prediger et al. 2012) sowie das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) dienen dabei der didaktischen, methodischen und fachlichen Strukturierung des Lernarrangements SELECTIVE. Neben der Strukturierung und Entwicklung von SELECTIVE wurde dies mit Schülerinnen und Schülern der Zielgruppe getestet und dabei das Vorgehen und die Lernprozesse beforscht. Durch das iterative Testverfahren sollte die Evaluation und Weiterentwicklung des Lernarrangements erreicht werden (Prediger et al. 2012). Dafür wurde versucht, die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung von SELECTIVE durch lautes Denken und die Arbeit mit Textbausteinen sichtbar zu machen. Durch einen zusätzlichen Prä-Post-Test im Interviewformat konnte geprüft werden, ob SELECTIVE valide Ergebnisse liefert. Anhand dieser Evaluation und der erhobenen Lernprozesse wurde deutlich, dass die Auseinandersetzung mit SELECTIVE dazu beitragen kann, dass sich Schülerinnen und Schüler intensiv mit ihren Vorstellungen auseinandersetzen und diese hin zur wissenschaftlichen Vorstellung neu- bzw. umkonstruieren.

Zusätzlich zeigte sich, dass das Lernarrangement dazu dienen kann, dass die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur „evolutiven Anpassung“ differenziert diagnostiziert werden können. Die Beantwortung der Fragen innerhalb des Lernarrangements durch Satzbausteine ermöglicht eine einfache Erhebung der Teilvorstellungen. Durch die individuelle Zusammensetzung einer Antwort aus Satzbausteinen wird ersichtlich, in welchen Bereichen der evolutiven Anpassung die Schülerinnen und Schüler Fehlvorstellungen besitzen und in welchen Bereichen wissenschaftlich korrekte oder teilweise wissenschaftlich korrekte

Vorstellungen auftreten. So kann ein Schüler beispielsweise Teilfehlvorstellungen in den Bereichen „Entwicklungsebene“ und „Angepasstheit“ haben, aber gleichzeitig korrekte Teilvorstellungen in den Bereichen „zeitliche Dimension“ oder „Gründe und Auslöser der Anpassung“. Anhand der differenzierten Diagnose von Vorstellungen durch Satzbausteine können Teilfehlvorstellungen und wissenschaftlich korrekte Teilvorstellungen sichtbar gemacht werden, die als Anknüpfungspunkte für die Vermittlung der wissenschaftlichen Vorstellung nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion im Unterricht genutzt werden können (Kattmann et al. 1997).

Die Methode des Lauten Denkens (Kap. 6.1.4) ermöglichte es, neben der Erhebung der Vorstellungen durch die Satzbausteinwahl, tiefere Einblicke in die Begründung von Vorstellungen zu erlangen. Dies erweiterte die Erkenntnisse über die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern und das Wissen darüber, welche Instrumente sich zur Diagnose von Vorstellungen in der Forschung und gleichzeitig im Schulalltag eignen.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Studie anhand aufgestellter Thesen diskutiert.

Das computerbasierte Lernarrangement SELECTIVE eignet sich zur differenzierten Diagnose von Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur evolutiven Anpassung.

Die beteiligten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 hatten während der Bearbeitung von SELECTIVE die Möglichkeit, aus verschiedenen Satzbausteinen eine komplexe Antwort zu generieren. Dadurch wurde den Lernenden die Möglichkeit gegeben, ihre Vorstellung aus mehreren Teilvorstellungen differenziert zusammen zu konstruieren. Sieben Teilvorstellungen (Kap. 5.1) bilden dabei die didaktisch reduzierte, wissenschaftliche Vorstellung zur evolutiven Anpassung von Lebewesen. Durch die Entfaltung der Teilvorstellungen ist es möglich, die diesbezügliche Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler im Detail zu erkunden und zu analysieren (Brennecke 2015). So hat beispielsweise Schüler 4 (Kap. 7.3.1) die Vorstellung, dass sich alle Geparde (typologisch) aus Notwendigkeit weiterentwickelt haben, weil ihre Beute schneller geworden ist. Zudem wird eine finalistische Fehlvorstellung sichtbar, da der Schüler davon ausgeht, dass die Geparde sich weiterentwickelt haben, damit Jagderfolg und Nachwuchs gesichert sind. Die Begründung für die Anpassung und die zeitliche Dimension, in der die Anpassung stattgefunden hat, wurden von dem Schüler korrekt ausgewählt. Das Vorstellungsgefüge des Schülers setzt sich also aus

einer typologischen Teilvorstellung, einer finalistischen Teilvorstellung, der Notwendigkeit der Anpassung und einer wissenschaftlichen Teilvorstellung zusammen (Anhang 11.17). Die Differenziertheit der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler kann bei fast allen Lernenden aufgezeigt werden. Lediglich die Schülerinnen 7 und 9 (Kap. 7.4.1) wählen keine falschen Satzbausteine aus, so dass die Vorstellung bei diesen Lernenden in allen Teilbereichen von vornherein und beständig als wissenschaftlich einzustufen ist. Obwohl bei diesen beiden Schülerinnen keine facettenreiche Vorstellung vorliegt, ist es dennoch wichtig, die Vorstellungen differenziert zu betrachten. Nur so kann gezeigt werden, ob die Schülerinnen und Schüler in allen Teilbereichen der evolutiven Anpassung wissenschaftliche Vorstellungen oder Fehlvorstellungen haben.

Durch einen Vergleich der ausgewählten Satzbausteine und der Begründungen dieser Auswahl wurde verdeutlicht, dass sich die beteiligten Schülerinnen und Schüler ernsthaft mit den Problemen auseinandersetzten und durch die Satzbausteinwahl tatsächlich ihre Vorstellungen darlegten. So begründet z.B. Schüler 3 (Kap. 7.2.1) seine typologische Satzbausteinwahl bei der Entwicklungsebene der Kakteen mit einer typologischen Aussage. Neben den Begründungen, die die Schülerinnen und Schüler zu ihren gewählten Satzbausteinen abgeben, wird deutlich, dass die Vorstellungen, die im Prätest erhoben wurden, in fünf von neun Fällen mit der Satzbausteinwahl im ersten Beispiel (Gepard) übereinstimmen (Kap 7.3.1, Kap. 7.3.2, Kap. 7.4.1, Kap. 7.4.2, Kap. 7.5.1, Kap 7.5.2). Bei den anderen Schülerinnen und Schülern (z.B. S10, Kap. 7.5.1, Kap 7.5.2), bei denen die Vorstellungen des Prätestes nicht mit denen der Satzbausteinwahl übereinstimmten, kann davon ausgegangen werden, dass eine inkonsistente Vorstellung in verschiedenen Kontexten zur evolutiven Anpassung vorliegt (Kampourakis und Zogza 2008, Brennecke 2015). Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen zu den verschiedenen Beispielen eher ad hoc generieren und formulieren, da kein bzw. wenig konkretes Wissen zur evolutionären Anpassung vorhanden ist, auf dessen Grundlage eine Antwort gefunden wird (Samarapungavan und Wiers 1997). Nur Schülerinnen und Schüler, die konsistente Vorstellungen haben, haben diese auch verinnerlicht und produzieren Antworten auf deren Grundlage (Kampourakis und Zogza 2009, Brennecke 2015).

Durch die Videos und das Feedback nach jeder Aufgabe in SELECTIVE werden die Schülerinnen und Schüler auf ihre Fehler hingewiesen, und zudem wird die wissenschaftliche Vorstellung in Schrift, Bild und Ton erläutert. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, welche nach der Analyse

des Prätestes und des ersten Beispiels im Lernarrangement konsistente Fehlvorstellungen aufzeigen, wählen auch in mindestens einem der späteren Beispiele einen zu dieser Fehlvorstellung passenden Baustein aus. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf die Verinnerlichung der Fehlvorstellungen. Die Übereinstimmung der wissenschaftlichen Teilvorstellungen zwischen Prätest und Gepardenbeispiel lassen sich bei allen Schülerinnen und Schülern, die am Prätest teilgenommen haben, erkennen (Kap 7.3.1, Kap. 7.3.2, Kap. 7.4.1, Kap. 7.4.2, Kap. 7.5.1, Kap 7.5.2). Somit kann festhalten werden, dass sich das erste Beispiel des Lernarrangements SELECTIVE zur differenzierten Diagnose von Vorstellungen eignet. Konsistente und somit verinnerlichte Teilvorstellungen werden durch die weiteren Beispiele sichtbar.

Die am häufigsten auftretende Fehlvorstellung in der vorliegenden Untersuchung ist die der Zielgerichtetheit (Kap. 7, Tab. 111). Diese Teilvorstellung tritt sowohl im Prätest (alle Schülerinnen und Schüler), als auch bei der Wahl der Satzbausteine (5 Schülerinnen und Schüler) und den Begründungen der Satzbausteine auf (3 Schülerinnen und Schüler). Dies deckt sich mit den Ergebnissen vorangegangener Studien (Wandersee et al. 1995, Lammert 2012, Brennecke 2015). Lammert (2012) beschreibt, dass 30% der befragten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 9 und 10 (n=3969) eine finalistische Vorstellung aufweisen. Dies ist die am häufigsten genannte Fehlvorstellung der Studie. Auch bei Brennecke (2015) wird diese Vorstellung häufiger genannt als alle anderen. 14 von 18 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7 erklären die Anpassung verschiedener Organismen zielgerichtet. Dass solche Teilvorstellungen nicht isoliert von anderen stehen müssen, zeigen Studien von Kampourakis und Zogza (2007), Fischer (2015) oder Brennecke (2015). Weitere häufig genannte und gewählte Teilvorstellungen dieser Untersuchung sind die der aktiven Anpassung (z.B. Wandersee et al. 1995), der Notwendigkeit (z.B. Baalman et al. 2004) sowie typologische Vorstellungen (z.B. Fenner 2013) und das Lernen von den Eltern. Lamarckistische Vorstellungen (z.B. Baalman et al. 2004), zeitliche Fehlvorstellungen (z.B. Graf und Hamdorf 2011), der Einfluss von veränderten Lebensbedingungen (z.B. Weitzel 2006) und die spontane Entstehung von Merkmalen (z.B. Brennecke 2015) sind seltene Teilvorstellungen. Mehrere dieser Teilvorstellungen können innerhalb eines Beispiels zusammen mit wissenschaftlichen Teilvorstellungen auftreten und es entsteht dadurch ein sehr differenziertes Vorstellungsgefüge (Brennecke 2015).

Satzbausteine eignen sich, um im Unterricht Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern differenziert und objektiv zu diagnostizieren.

Durch die vorgegebene Auffächerung der einzelnen Satzbausteinkategorien und die vorangegangene Analyse wird deutlich, dass Teilvorstellungen von Schülerinnen und Schülern erhoben werden sollten, um ihrer Vorstellungswelt gerecht zu werden. Kampourakis und Zogza (2007) zeigten, dass es nicht angemessen ist, Fehlvorstellungen als Personeneigenschaft zu typisieren (Person X hat die Fehlvorstellung Y). Sie fanden bei 15-jährigen Schülerinnen und Schülern in einer lamarckistischen Vorstellung zielgerichtete Aspekte und aktive Anpassung wieder. Auch Brennecke (2015) zeigt bei Lernenden der Sekundarstufe I, dass durch undifferenzierte Verallgemeinerungen von Fehlvorstellungen für das Lernen wichtige Aspekte, z.B. wissenschaftliche Teilvorstellungen, die als Anknüpfungspunkte für den Unterricht relevant sein können, verloren gehen. Das in dieser Studie entwickelte Lernarrangement SELECTIVE wirkt durch das Antwortformat „Satzbausteine“ undifferenzierten typisierenden Verallgemeinerung entgegen. Durch die große Auswahl an Satzbausteinen (jeweils über 50) können sehr viele Teilvorstellungen, die durch Vorstellungsforschung zur evolutiven Anpassung ermittelt wurden (Kap. 3.7), erhoben werden. In dieser Studie wurden von den beteiligten Schülerinnen und Schülern weder im Prätest noch durch die Methode des Lauten Denkens während der Bearbeitung Vorstellungen geäußert, die es nötig machen würden, weitere Satzbausteine einzupflegen (Kap. 7). Einige wenige Satzbausteine wurden niemals gewählt, so z.B. der Baustein „Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren“ aus dem Bereich „Zeitliche Dimension“. Dennoch sollten die in dieser Studie nicht gewählten Bausteine in SELECTIVE verbleiben, da die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler facettenreich und unterschiedlich sind. Ein weiterer Grund für den Verbleib der Bausteine in SELECTIVE ergibt sich aus der geringen Anzahl an Probandinnen und Probanden. Alle Vorstellungen, die durch die Satzbausteine widerspiegelt werden, wurden in der bisherigen Vorstellungsforschung aufgezeigt und bei Lernenden gefunden (z.B. Brennecke 2015).

Vorstellungen können auf verschiedenste Arten erhoben werden (z.B. Graf und Hamdorf 2011, Fischer 2015, Kap. 3.8). So hat eine Lehrkraft z.B. die Möglichkeit, einen Fragebogen mit geschlossenen Fragen einzusetzen, der verschiedene Szenarien von Vorstellungen abdeckt (Lamnek 2005). Der Vorteil dabei ist, dass Lehrende diesen schnell und unkompliziert

auswerten können (Tamir 1991, Fischer und Graf 2012). Durch Concept Inventories (z.B. CINS – Concept Inventory of Natural Selection oder ACORNS – Assessing Contextual Reasoning about Natural Selection, Kap. 3.8) existieren Testinstrumente zur Erfassung von Vorstellungen, wobei die Fragen von beispielsweise CINS auf Studierende ausgelegt sind und zunächst auf das Niveau von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I gebracht werden müssten (Fischer 2015). Auch eine Übersetzung ist notwendig, da die Inventare zumeist aus dem englischsprachigen Raum stammen. Zudem besteht dabei die Gefahr, dass „nur“ prominente Vorstellungen abgefragt werden können, da nicht alle möglichen Szenarien, die sich aus den Teilvorstellungen ergeben können, zur Entwicklung eines Merkmals bei Lebewesen in einem Fragebogen bedacht werden können. Dies belegt auch die Arbeit von Fischer (2015). Schülerinnen und Schüler ziehen mehrere Antwortalternativen innerhalb eines Fragebogens mit geschlossenen Fragen in Erwägung und können sich schwer für eine Antwortoption entscheiden, da in diesen nicht alle Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler abgebildet werden können (Fischer 2015). Quantitative Studien sollten daher vorsichtig interpretiert werden, da z.B. eine geänderte Antwortauswahl in eingesetzten Fragebögen zu anderen Ergebnissen führen könnte. Würde man aus den Satzbausteinen von SELECTIVE alle verschiedenen Szenarien für einen Fragebogen zusammensetzen, würde dies den Rahmen eines Fragebogens bei weitem sprengen, denn die Schülerinnen und Schüler hätten dann mehrere tausend Antwortmöglichkeiten zur Auswahl.

Eine weitere Möglichkeit wären Fragebögen mit offenen Aufgabenformaten. Jedoch nimmt dabei die Auswertung viel Zeit für die Lehrerin bzw. den Lehrer in Anspruch und ist somit, im Gegensatz zur Forschung, für die Schulpraxis ungeeignet. Zudem ist bei einer solchen Erhebung nicht gesichert, dass die Auswertung objektiv ist. Dies kann nur durch die korrekte Anwendung zuvor festgelegter Auswertungskriterien geschehen (Stieler 2011). Weiterhin besteht die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler keine so ausführlichen Antworten geben wie in den o.g. Multiple-Choice-Aufgabenformaten (Fischer 2015) oder wie im in dieser Arbeit entwickelten Lernarrangement SELECTIVE. Während in der Vorstellungsforschung Interviews zur Diagnose eingesetzt werden (Lamnek 2005, Brennecke 2015), sollte darauf im Schulalltag verzichtet werden. Lehrende könnten alle Schülerinnen und Schüler einzeln interviewen. Jedoch spricht auch hier der Faktor Zeit gegen diese Methode beim Einsatz im Unterricht (Treagust 1986). Auch Concept-Maps (offen sowie geschlossen) sind eine Möglichkeit, Vorstellungen zu erheben (Wandersee et al. 1994). Doch genau wie in den anderen offenen

Formaten spricht der Faktor Zeit gegen das Erhebungsverfahren mit offenen Concept-Maps im Unterricht. Lehrende sowie Lernende müssen zunächst geschult werden (Fischer, Jelemenská und Graf 2013). In der Vorstellungsforschung werden primär offene Concept-Maps eingesetzt, da diese mehr Auskunft über Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern geben, als geschlossene (Fischer, Jelemenská und Graf 2013). Wenn die Methode (offen sowie geschlossen) von Lernenden nicht sicher angewandt werden kann, dann besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse nicht valide sind. Sind Schülerinnen und Schüler aber mit dem Verfahren vertraut, dann können vor allem geschlossene Concept-Maps als – wenn mit den Schülerinnen und Schülern eingeübt – zeiteffizientes Diagnoseinstrument eingesetzt werden (Graf 2014). Dennoch ist die qualitative Auswertung aufwendig und somit, im Gegensatz zur Vorstellungsforschung, nicht für den Schulalltag geeignet (Fischer 2015).

Eine Kartenabfrage, wie sie Upmeier zu Belzen (2011) vorschlägt, ist eine Unterrichtsidee, bei der Schülerinnen und Schüler ihre Vorstellungen zu einer Frage auf Karten notieren, diese für alle sichtbar an eine Stellwand heften und anschließend gemeinsam sortieren. Dies spricht wie alle intuitiven Vorstellungserhebungen, die im Plenum der Klasse stattfinden, gegen eine objektive und individuelle Erhebung differenzierter Fehlvorstellungen (Scherer 2010).

Durch die Satzbausteine innerhalb des Lernarrangements besteht die Möglichkeit für den Lehrenden, auf eine einfache und zeitsparende Art und Weise, die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Thema „evolutive Anpassung“ differenziert und objektiv zu erheben. Eine Datenbank im Hintergrund von SELECTIVE gibt dem Lehrenden, nach der Bearbeitung des Lernarrangements durch die Schülerinnen und Schüler, einen Überblick über die einzelnen Teilvorstellungen der jeweiligen Schülerinnen und Schüler seiner Klasse. Anhand dieser Teilvorstellungen kann der Unterricht im Sinne der didaktischen Rekonstruktion strukturiert und geplant werden (Kattmann et al. 1997). Erhobene wissenschaftliche Teilvorstellungen dienen dann als Anknüpfungspunkte für den Aufbau wissenschaftlich korrekter Vorstellungen (Brennecke 2015). Der Methodenmix aus Lautem Denken, Interview und Bearbeitung der Satzbausteine wurde aus Forschungsgründen für diese Untersuchung genutzt. Im Schulalltag reicht die Bearbeitung von SELECTIVE durch die Schülerinnen und Schüler vollkommen aus, um die Vorstellungen differenziert zu diagnostizieren.

Der Einsatz des computerbasierten Lernarrangements SELECTIVE führt bei den Schülerinnen und Schülern zur Veränderung der Vorstellungen.

Die Ergebnisse dieser Studie (Kap. 7) zeigen, dass alle Schülerinnen und Schüler im Prätest Vorstellungen äußern, die fehlerhafte Teilvorstellungen beinhalten. Im Posttest hingegen ist die Argumentation der Schülerinnen und Schüler meist wissenschaftlich (Kap. 7.6). Diese Beobachtung gibt deutliche Hinweise darauf, dass SELECTIVE im Sinne der Conceptual Reconstruction (Kap. 3.3) und der Konfliktstrategie nach Möller (2010) zu einer Veränderung der Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern führt. Jiménez-Aleixandre (1992) stellte bei seiner Untersuchung von Vorstellungen bei 14-jährigen Lernenden fest, dass nur diejenigen Schülerinnen und Schüler, die über ihre eigenen Fehlvorstellungen diskutierten, diese auch längerfristig verändern. Durch die Methode des Lauten Denkens (Kap. 6.1.4) wird deutlich, dass die Lernenden in dieser Studie sich während der Intervention mit ihren Vorstellungen auseinandersetzen und diese hinterfragen (vgl. S8, Kap. 7.4.1). Die Veränderung der Vorstellungen ist bei allen Lernenden zu erkennen (Kap. 7.6). Während der Bearbeitung von SELECTIVE nimmt die Wahl fehlerhafter Satzbausteine von Aufgabe zu Aufgabe weiter ab. Zudem ist zu erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler neben der Auswahl wissenschaftlicher Vorstellungen auch wissenschaftlich argumentieren und ihre Entscheidung mit wissenschaftlichen Argumenten begründen (Kap. 7.6). Bisherige Interventionsstudien zeigen, dass sich durch geeignete Konstruktionen von Lernangeboten Vorstellungen kurzfristig bei einigen Schülerinnen und Schülern verändern können (z.B. Jiménez-Aleixandre 1992, Olander 2008, Abraham et al. 2009, Brennecke 2015). Dennoch wird in all diesen Studien deutlich, dass einzelne Schülerinnen und Schüler nach der Intervention ihre Vorstellungen nicht verändert haben. Dies kann in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Alle Lernenden, die im Posttest eine Teilfehlvorstellung (zweimal Notwendigkeit der Anpassung, je einmal zeitliche Fehlvorstellung und Zielgerichtetheit) äußern (4 von 9), nennen diese immer in Verbindung mit einer wissenschaftlichen Teilvorstellung (Kap. 7.6). SELECTIVE kann somit einen Beitrag zur Vermittlung evolutionärer Anpassung leisten. Seine Bearbeitung ist als Einstieg in das Thema Evolution in der zweiten Hälfte der Sekundarstufe I gedacht. Die Ergebnisse berücksichtigend kann die Lehrkraft eine Unterrichtseinheit strukturieren und dabei den Bezug zu den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler herstellen. So kann beispielsweise die von Schüler 11 (Kap. 7.5.1) genannte Zielgerichtetheit des Anpassungsprozesses als ein Strukturierungspunkt aufgegriffen werden. Zudem besitzen die

Lernenden durch die Inhalte der Videos und des Feedbacks einen Grundstock an Wissen, auf den im nachfolgenden Unterricht aufgebaut werden kann. Die Lehrenden können dieses Grundwissen ebenfalls bei der Strukturierung des Unterrichts anwenden und daran anknüpfen.

Der Medienmix aus Satzbausteinen, elaboriertem Feedback und animierten Videos innerhalb des Lernarrangements SELECTIVE führt zu Lernfortschritten bei Schülerinnen und Schülern.

Zahlreiche Studien belegen, dass Feedback sich positiv auf das Lernen auswirkt (vgl. Auflistung in Shute 2008, Hattie 2015, Harms 2016). Die antwortspezifische Elaboration, die genau auf einen gewählten Satzbaustein abgestimmt ist (Kopp und Mandl 2014, Kap. 5.1), hilft den Schülerinnen und Schülern im Sinne der Conceptual Reconstruction (Kap. 3.3), dass sie unzufrieden mit ihrer falschen Antwort sind, da ihnen erklärt wird, was sie falsch gemacht haben (Kap. 5.3). Die Hinweise auf die richtige Antwort werden als verständlich angesehen und erscheinen den Schülerinnen und Schülern plausibel. Dies wird im Besonderen durch die Interviews deutlich (Kap. 7.2.2, Kap. 7.3.3, Kap. 7.4.3, Kap. 7.5.3). Dies lässt den Rückschluss zu, dass die elaborierte Form des Feedbacks die Lernwirksamkeit positiv beeinflussen kann (Kopp und Mandl 2014).

Zu jedem einzelnen Satzbaustein wird ein solches Feedback gegeben, so dass der Lernende nicht nur eine Rückmeldung für seine Vorstellung bekommt sondern für jede Teilvorstellung aufgezeigt wird, was richtig, falsch und verbesserungswürdig ist (Kap. 5.3). Das zeigt, wie wichtig die Rolle der Satzbausteine im Lernprozess ist. Erst durch die Aufteilung der Vorstellung in einzelne Teilvorstellungen ist es möglich, dass den Schülerinnen und Schülern ein differenziertes und elaboriertes Feedback gegeben wird.

Einen positiven Einfluss auf den Lernfortschritt haben nach subjektiver Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler die animierten Videos in SELECTIVE. Aussagen wie „*das wurde ja auch in dem Video erklärt*“ (Sn5, F2, SB2), „*weil ich habe im Video gesehen*“ (S3, F2, SB2) oder „*weil ich das in dem Video davor gelernt habe*“ (S12, F3, SB2) verdeutlichen dies. Immer wenn ein Satzbaustein durch eine Begründung mit Bezug zum gesehenen Video gewählt wird, ist dieser fachlich korrekt (Kap 7.2.1, Kap 7.3.1, Kap. 7.5.1). Dies lässt den Schluss zu, dass sich die in dieser Arbeit erstellten animierten Videos für die Vermittlung evolutiver Anpassung eignen. Ein geeignetes Konstrukt für die Vermittlung des komplexen Themas „*evolutive Anpassung*“

ergibt sich durch das narrative Schema (Zabel 2009), die leicht verständlichen Animationen und die Verknüpfung von Lebenswelt und Fachwissenschaft innerhalb der Videos (Kerres 2013, Kap. 5.4). Die Schülerinnen und Schüler sehen diese Videos als hilfreich beim Verstehen von evolutiven Vorgängen an. Das wird neben den Bezügen in den Begründungen für Satzbausteine vor allem auch im Interview deutlich. In jedem Zyklus werden die Videos von den Lernenden als besonders positiv für das Lernen erwähnt (Kap. 7.2.2, Kap. 7.3.3, Kap. 7.4.3, Kap. 7.5.3).

SELECTIVE trägt zu einem Lernfortschritt innerhalb zoologischer UND botanischer Beispiele bei den Schülerinnen und Schülern bei.

Botanische Beispiele bereiten den Schülerinnen und Schülern mehr Probleme bei der Erklärung evolutiver Anpassung (Palmer 1996). In der vorliegenden Arbeit wurde daher besonderer Wert darauf gelegt, dass neben zoologischen auch botanische Beispiele verwendet werden. Dieser Einsatz hat gezeigt, dass auch bei botanischen Beispielen ein Lernzuwachs bei den Schülerinnen und Schülern erkennbar ist. *„Also es geht um Kakteen, das kann ich mir weniger gut vorstellen als bei Geparden“*, behauptet Schüler 6. Auf die Nachfrage hin, warum dies so sei, antwortet er: *„Beim Geparden hat man so die Idee, einfach von langsamer zu schneller und hier weiß man halt einfach nur [...], dass die gut Wasser speichern können und dann ist da keine Bewegung drin, die ich mir vorstellen kann. Deswegen ist es schwieriger.“* (S6, F2, Feedback, Kap. 7.3.1). Die Verknüpfung alltäglicher Erfahrungen mit der evolutiven Anpassung wird von den Schülerinnen und Schülern in zoologischen Beispielen häufiger als in botanischen vorgenommen (Kap. 7). Dies ist nicht immer von Vorteil, da diese Verknüpfung oftmals mit Fehlvorstellungen einhergeht. Auch Brennecke (2015) beobachtete in ihrer Studie diesen Unterschied. Zwischen zoologischen und botanischen Beispielen kann ein Konflikt bei den Lernenden hervorgerufen werden, da die Vorstellungen zwischen diesen verschiedenen biologischen Bereichen im Allgemeinen inkonsistent sein können (Brennecke 2015). Beim Lesen des Feedbacks erläutert Schüler 6: *„Da hab ich dann wieder zu wenig drüber nachgedacht, dass es ja diesmal eine Pflanze ist und kein Tier“*. Durch den Einsatz botanischer Beispiele werden die Schülerinnen und Schüler dazu angeregt, den Anpassungsprozess ohne Bezug zu lebensweltlichen Erfahrungen zu beschreiben. Dadurch entstehen weniger fehlerhafte und eher wissenschaftliche Argumentationen (Brennecke 2015).

Um Vorwissen zu aktivieren, eignen sich bekannte zoologische Beispiele besonders gut. In SELECTIVE wurde darauf geachtet, dass mit einem solchen Beispiel begonnen wird, um mögliche, bereits vorhandene Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Durch unbekannte Beispiele wird Vorwissen eher nicht aktiviert. Brennecke (2015) beschreibt, dass Schülerinnen und Schüler bei unbekanntem Beispielen weniger differenziert antworten. In dieser Studie müssen die Schülerinnen und Schüler zu unbekanntem Beispielen eine genauso differenzierte Auswahl treffen wie zu den bekannten. Auch zu botanischen Beispielen wird von den Schülerinnen und Schülern eine differenzierte Auswahl verlangt. Dies kann zu einer tiefergehenden Auseinandersetzung mit dem Thema evolutive Anpassung bei verschiedenen Lebewesen führen (Brennecke 2015). Dauerhaftes Wissen kann nur durch die Veranschaulichung durch verschiedenartige Beispiele entstehen (Weitzel 2010a). Durch das Anwenden wissenschaftlicher Vorstellungen auf unterschiedliche Beispiele kann ein Verständnis für die wissenschaftliche Vorstellung aufgebaut werden (Kampourakis und Zogza 2008, Beniermann et al. 2014).

Anhand der Begründungen der Satzbausteinwahl durch die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe der Methode des Lauten Denkens ergeben sich neue Erkenntnisse für die zukünftige Vorstellungsforschung.

Wie bereits dargelegt wurde, eignet sich die Erhebung von Vorstellungen durch Satzbausteine für die differenzierte Diagnose von Teilvorstellungen zur evolutiven Anpassung bei Schülerinnen und Schülern der zweiten Hälfte der Sekundarstufe I. Dies wird besonders durch die inhaltlichen Begründungen der Satzbausteinwahl deutlich (Kap. 7.2.1, Kap. 7.3.1, Kap. 7.4.1, Kap. 7.5.1). Die Schülerinnen und Schüler argumentieren inhaltlich, warum sie sich für einen Satzbaustein entscheiden. Sie wählen die Bausteine nicht willkürlich aus, vielmehr orientiert sich die Wahl am eigenen Vorwissen. Dennoch wird deutlich, dass es neben inhaltlichen Begründungen zur Auswahl der Bausteine auch einige strukturelle gibt (Kap. 7.6). So werden Satzbausteine ausgewählt, weil sie dem Satzaufbau der vorhergehenden Bausteine ähneln. Um inhaltliche Begründungen und somit die Auseinandersetzung mit der eigenen Vorstellung zu fördern, sollte beim Erstellen von Satzbausteinen darauf geachtet werden, dass diese nicht strukturell identisch sind. Eine Ähnlichkeit der Bausteine sollte trotzdem gegeben sein, damit ein Vergleich der gewählten Antworten zwischen den einzelnen Beispielen sinnvoll möglich ist (Fischer et al. 2014). Dennoch konnte in dieser Arbeit festgestellt werden, dass die

Begründungen der Satzbausteinwahl häufiger inhaltlicher als struktureller Natur sind. Strukturelle Begründungen finden sich hauptsächlich im letzten Beispiel von SELECTIVE (Kap 7.6). Daraus lässt sich ableiten, dass es sinnvoll ist, in solchen Lernarrangements die Beispiele so zu gestalten, dass strukturelle Begründungen aus Schülerinnen- und Schülerperspektive nicht möglich sind. Damit sichergestellt ist, dass botanische, zoologische sowie bekannte und unbekannte Beispiele zum Einsatz kommen (Brennecke 2015), sollte daher auf eine Reduzierung von Beispielen verzichtet werden. Eine Umstrukturierung der Satzbausteine erscheint somit sinnvoller.

Die Methode des Lauten Denkens hat dazu geführt, dass die Schülerinnen und Schüler Begründungen für ihre Satzbausteinwahl abgeben. Es war aber auch zu erkennen, dass Bausteine teilweise auch ohne eine Begründung sondern durch bloße Vermutungen, Zustimmungen zu Satzbausteinen oder gänzlich ohne Aussage ausgewählt wurden. Diese Erkenntnis harmoniert mit Ergebnissen früherer Studien, in denen Schülerinnen und Schüler auch ad hoc Wissen generieren, wenn sie über kein Vorwissen zu einem Sachverhalt verfügen (Samarapungavan und Wiers 1997). Schülerin 5 hat während des Interviews folgende Aussage dazu getroffen: *„Manchmal hat man auch nur so eine Ahnung, kann's aber nicht begründen“* (Kap. 7.3.3). Dass sich die Methode des Lauten Denkens dennoch zur Erhebung von Begründungen eignet, zeigt sich dadurch, dass die Zahl der Begründungen zur Satzbausteinwahl diejenige ohne Begründungen übersteigt. Durch die Begründungen der Satzbausteinwahl wird deutlich, dass Schülerinnen und Schüler sich während der Bearbeitung von SELECTIVE, im Sinne der Conceptual Reconstruction (Kap. 3.3), mit ihren Vorstellungen auseinandersetzen und diese kritisch hinterfragen (Kap 7.2.1, Kap. 7.3.1, Kap. 7.4.1, Kap. 7.5.1).

Optimierung der Satzbausteine

Obwohl bei Diagnoseaufgaben auf Fachbegriffe verzichtet werden sollte, um Schülerinnen und Schüler in ihrer Auswahl der Antworten nicht zu beeinflussen (Gronlund 1993, Taylor und Smith 2009), wurde der Begriff der Mutation dennoch verwendet, da er ein wesentlicher Bestandteil der natürlichen Selektion darstellt (Weitzel und Betzitz 2016). Dass dieser Begriff zum Verständnis der evolutiven Anpassung entscheidend ist, zeigt sich neben den Begründungen der Schülerinnen und Schüler auch in den geführten Interviews (Kap. 7.2.2, Kap.7.4.3, Kap.7.5.3). Die Schülerinnen und Schüler merken in der Selbsteinschätzung an, dass

sie gelernt haben, was eine Mutation ist und dass diese relevant ist für die evolutive Anpassung. Nachdem die Schülerinnen und Schüler diesen Begriff im ersten Feedback gelesen und im ersten Video gehört haben, wählen sie in den folgenden Beispielen fast ausschließlich den Satzbaustein, in dem die zufällige Mutation genannt wird. Dies zeigt sich z.B. durch folgende Aussage von Schülerin 5: *„konnten durch eine zufällige Mutation, das [...] wurde ja auch in dem Video erklärt, dass das bei der Evolution so ist“* (Sn5, F2, SB2). In der ersten Aufgabe wird dieser Satzbaustein hingegen selten gewählt (Kap. 7.6). Eine strukturelle Begründung aufgrund des Terminus „Mutation“ wird in keinem Fall gegeben. Eine mögliche Änderung des Satzbausteines ‚waren durch eine zufällige Mutation‘ könnte folgendermaßen aussehen: ‚waren durch eine zufällige Veränderung des Erbgutes dazu in der Lage‘. Die Begrifflichkeit der Mutation muss dann im anschließenden Unterricht aufgegriffen werden.

Verständnisprobleme hatten Schülerinnen und Schüler bei den Satzbausteinen ‚Die heutigen Kakteen lernen von ihren Eltern Wasser zu speichern‘ und ‚Die heutigen Enten lernen von ihren Eltern Schwimmhäute zu bilden‘. Schüler 6 (Kap. 7.3.1) interpretiert einen dieser Satzbausteine folgendermaßen: *„ich weiß nicht wie das Lernen gemeint ist, ob die das sozusagen beigebracht bekommen zu Lernen, oder ob man auch von Lernen ausgehen kann, wenn man sagt es wurde vererbt von ihren Eltern an sie und deswegen ist das von den Eltern gelernt“* (S6, F2, SB6). „Lernen“ kann von Schülerinnen und Schülern mit Vererben gleichgesetzt werden. Neben bisher erforschten Schwierigkeiten mit dem Verstehen von evolutiven Begrifflichkeiten (vgl. Anpassung – Marohn 2008, Brennecke 2015, Weitzel und Betzitza 2016), wird mit dem Begriff „Lernen“ ein weiterer Terminus in der Vorstellungsforschung aufgezeigt, der nicht einheitlich von Schülerinnen und Schülern verstanden und gebraucht wird.

Die Kombination von Lerneffekt und gleichzeitiger Vorstellungsdiagnose innerhalb des Lernarrangements kann einen Gewinn für den Evolutionsunterricht in der Schule darstellen.

Aus der bisherigen Diskussion der Ergebnisse dieser Studie wird deutlich, dass SELECTIVE zur differenzierten Diagnose von Vorstellungen sowie als Lehr-Lerninstrument für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 sinnvoll eingesetzt werden kann. Die Besonderheit, dass Lehrerinnen und Lehrer damit zukünftig ein einfach zu bedienendes Instrument zur vorunterrichtlichen Diagnose der Fehlvorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zur Verfügung haben, das gleichzeitig die Lernenden mit einem Grundstock an Wissen ausstattet,

gibt den Lehrenden eine neue Möglichkeit, ihren Unterricht zum Thema „Evolution“ schülerorientiert zu planen und zu strukturieren. Die erhobenen differenzierten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, die dem Lehrenden in einer Datenbank des computerbasierten Lernarrangements vorliegen, können im Sinne der didaktischen Rekonstruktion durch Erfassung der Schülerperspektive als Grundlage für eine Strukturierung des Unterrichts genutzt werden (Kattmann et al. 1997). Der Lehrende greift die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler auf und verbindet diese durch fachliche Klärung mit den Erkenntnissen der Wissenschaft. So wird deutlich, welche Inhalte im Unterricht zu behandeln sind und bei welchen Inhalten Schwierigkeiten im Verständnis erwartet werden können.

Die Schülerinnen und Schüler setzten sich während der Bearbeitung von SELECTIVE mit ihren eigenen Vorstellungen auseinander und hinterfragten sie. Dadurch können die wissenschaftlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler Sekundarstufe I gefestigt werden. Hierin besteht ein weiterer Vorteil bei der Ausgestaltung des Lernprozesses. Die Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen im Sinne einer Conceptual Reconstruction kann durch kritisches Hinterfragen zu einer kleinschrittigen Reduzierung der Fehlvorstellungen zugunsten wissenschaftlicher Vorstellungen führen (Krüger 2007). Der Lehrende kann das neu gewonnen Wissen nutzen, um im Sinne der weiterentwickelten Taxonomie nach Bloom (Krathwohl 2002) eine höhere Komplexität und Verstetigung der wissenschaftlichen Vorstellung bei den Lernenden im Unterricht zu initiieren.

9 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass Vorstellungen zur evolutiven Anpassung von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 durch das entwickelte Lernarrangement SELECTIVE diagnostiziert werden können. Durch interaktive Auswahl von Satzbausteinen durch Schülerinnen und Schüler und eine zugehörige Protokollfunktion innerhalb von SELECTIVE wird es Lehrenden ermöglicht, Vorstellungen differenziert zu ermitteln. Es handelt sich um ein Instrument, welches sich neben Einsatzmöglichkeiten in der Vorstellungsforschung auch für den schulpraktischen Einsatz eignen kann (s. Kap. 5 und Kap. 8). Durch SELECTIVE eröffnet sich die Möglichkeit für Lehrende, die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zeiteffizient und objektiv zu erheben, um in Abhängigkeit von den ermittelten Ergebnissen ihren Unterricht im Sinne didaktischer Rekonstruktion und individueller Förderung zu strukturieren. Neben der Diagnose von Vorstellungen dient SELECTIVE als Lerninstrument für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Es konnte gezeigt werden, dass die Lernenden ihre eigenen Vorstellungen im Sinne der Conceptual Reconstruction hinterfragt und neu- bzw. umkonstruiert haben (s. Kap. 7.3, Kap. 7.4, Kap. 7.5 und Kap. 7.6). Alle an dieser Studie beteiligten Probandinnen und Probanden verändern ihrer Vorstellungen hin zu einem wissenschaftlichen Begriffsverständnis (s. Kap. 7.6). Diese Vorstellungsänderung zeigt sich sowohl in zoologischen als auch in botanischen Beispielen zur evolutiven Anpassung. Weiterhin zeigt sich, dass der Einsatz eines Medienmix aus Satzbausteinen, elaborierten Feedback und animierten Videos innerhalb des Lernarrangements förderlich für das Lernen und einen Konzeptwechsel sein kann (s. Kap. 8).

Durch die inhaltlichen Begründungen der Schülerinnen und Schüler während der Beantwortung der Fragen in SELECTIVE ergibt sich eine Reihe neuer Erkenntnisse und Ansätze für die zukünftige Vorstellungsforschung. Vorstellungen sollten tiefgründiger und differenzierter als bisher erforscht werden. In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass quantitative Studien mit einem geschlossenen Fragebogen und wenigen Distraktoren vorsichtig interpretiert werden sollten, da kleine Änderungen in Antwortoptionen schon zu wesentlich anderen Ergebnissen führen können. Auch wird deutlich, dass Bausteine bzw. Antworten auf Fragen so gestaltet werden sollten, dass eine strukturelle Auswahl auf Grund vorheriger Antwortoptionen oder Detailreichtum der Antworten nicht möglich ist (s. Kap. 7.2 und Kap. 7.6). Eine Auswahl der richtigen Antwortoption durch Fachbegriffe, die den Lerner

in seiner Auswahl beeinflussen können (s. „Mutation“ Kap. 8), sollte ebenfalls nicht möglich sein. Verständnisprobleme bringen Schülerinnen und Schüler dazu, fehlerhafte Antworten zu generieren obwohl wissenschaftliche Vorstellungen bei den Lernenden vorliegen, da einzelne Begriffe von Schülerinnen und Schülern nicht einheitlich gebraucht und verstanden werden. Dies wurde besonders bei dem Wort „Lernen“ deutlich, da dieses Wort mehrfach und unabhängig voneinander mit „Vererben“ gleichgesetzt wurde (s. Kap. 7.3). Diese Erkenntnisse sollten als Ansatzpunkte für weitere Lernangebote genutzt werden, die dazu beitragen, wissenschaftliche Vorstellungen zur evolutiven Anpassung bei den Lernenden aufzubauen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das vorliegende Arrangement SELECTIVE, das zum einen zum Lernen und zum anderen zur Vorstellungsdiagnose konzipiert wurde und genutzt werden kann, einen sichtbaren Gewinn für den Evolutionsunterricht in der Schule darstellen kann.

10 Literaturverzeichnis

- Abraham, J., Meir, E., Perry, J., Herron, J., Maruca, S. und Stal, D. (2009) Assessing undergraduate student misconceptions about natural selection with an interactive simulated laboratory. *Evolution Education Outreach*, 2, 3: 393–404.
- Anderson, D. L., Fisher, K. M. und Norman, G. J. (2002) Development and evaluation of the Conceptual Inventory of natural selection. *Journal of Research of Science Teaching*, 39 (10), 952-978.
- Anderson, L. W. und Krathwohl, D. R. (Hrsg.) (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, New York.
- Ausubel, D.P. (1968) *Educational Psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
- 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.
- Bannert, M. (2007) *Metakognition beim Lernen mit Hypermedien. Erfassung, Beschreibung und Vermittlung wirksamer metakognitiver Strategien und Regulationsaktivitäten*. Waxmann, Münster.
- Barab, S., Squire, K. (2004) Design-Based-Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the learning sciences*, 13 (1): 1-14.
- Bartel, S. (2003): *Farben im Webdesign. Symbolik, Farbpsychologie, Gestaltung*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- 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 (23.05.2016)
- Bilandzic, H. (2005) Lautes Denken. In: Mikos, L. und Wegener, C. (Hrsg.) *Qualitative Medienforschung. Ein Handbuch*. UVK Verl.-Ges., Konstanz, 362-370.
- BioRegio STERN (2009) Nur die Liebe zählt – Darwin lässt rocken. <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/de/fachbeitrag/aktuell/nur-die-liebe-zaehlt-darwin-laesst-rocken/> (09.07.2017)
- Bise, V. (2008) Problemlösen im Dialog mit sich selbst: Dialogische Strukturen im inneren Sprechen beim Problemlösen. Eine explorative Studie nach der Methode des lauten Denkens. Tectum-Verlag, Marburg.
- Bishop, B.A., Anderson, C.W. (1990) Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Science Teaching*, 27, 415-427.

- Blötz, U., Ballin, D. und Gust, M. (2008) Planspiele im Vergleich zu anderen Trainingsmethoden. In: Blötz, U. (Hrsg.) Planspiele in der beruflichen Bildung. Auswahl, Konzepte, Lernarrangements, Erfahrungen – Aktueller Planspielkatalog 2008. Bertelsmann, Bielefeld, 28-38.
- Bouquet, R. (2015) NOVA's Evolution Lab: Adventures in the Tree of Life. <http://www.pbs.org/wgbh/nova/blogs/education/2015/06/nova-evolution-lab-tree-of-life/> (09.07.2017)
- Brennecke, J. (2015) Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung: qualitative Studien als Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Burkhardt, H. (2006) From design research to large-scale impact: engineering research in education. In: van den Akker, J., Gravemeijer, K. McKenney, S. und Nieveen, N. (Hrsg.) Educational Design Research. Routledge Chapman and Hall, Abingdon, 121-150.
- Caravita, S. und Halldén, O. (1994) Re-framing the problem of conceptual change. Learning and Instruction 4: 89-111
- Chandler, P. und Sweller, J. (1991) Cognitive load theory and the format of instruction. Cognition and Instruction 8: 293-332.
- De Witt, C. und Czerwionka, T. (2013) Mediendidaktik. 2. Auflage. Bertelsmann Verlag, Bielefeld.
- Demastes, S. S. (1995) Students' Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution Journal of Research in Science Teaching, 32 (5): 535-550.
- Demastes, S. S., Good, R. G. und Peebles, P. (1996) Patterns of change in evolution. Journal of Research in Science Teaching, 33 (4): 407-431.
- Dierkes, P. (2015) Computergestütztes Lernen im Biologieunterricht. Unterricht Biologie. Zeitschrift für die Sekundarstufe 402/403, 4-14.
- Dobzhansky, T. (1973) Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. The American Biology Teacher 35 (3), 125-129.
- Dörner, D. (1989) Die Logik des Mißlingens: strategisches Denken in komplexen Situationen. Rowohlt-Verlag, Reinbek bei Hamburg.
- Duit, R. (1992) Forschung und Bedeutung vorunterrichtlicher Vorstellungen für da Erlernen der Naturwissenschaften. In: Riquarts, K. u.a. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland, Bd. IV. IPN, Kiel.
- Duit, R. (1994) The constructivist view in science education – what it has to offer and what should not be expected from it. Paper presented at the International Conference "Science and Mathematics Education for the 21st Century: Towards Innovative Approaches." Concepcion, Chile.

- Duit, R. (1995) Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6): 905-923.
- Duit, R. (2007) Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, D., Girwitz, R. und Häußler, P. (Hrsg.): *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 581-606.
- Einsiedler, W. (2011a) Lehr-Lern-Konzepte für die Grundschule. In: Einsiedler, W. u.a. (Hrsg.): *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*. 3. vollständig überarbeitete Auflage. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 341-350.
- Einsiedler, W. (2011b) Was ist Didaktische Entwicklungsforschung? In: Einsiedler, W. (Hrsg.) *Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung*. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 41-70.
- Ericsson, K. A. und Simon, H. A. (1993) *Protocol Analysis: Verbal reports as data*. A bradford book. 3. Auflage. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- 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 naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 10: 1231-1256.
- Fischer, F., Mandl, H. und Todorova, A. (2013) Lehren und Lernen mit neuen Medien. In: Tippelt, R. und Schmidt, B. (Hrsg.) *Handbuch Bildungsforschung*. 3. Auflage. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 753-771.
- Fischer, F., Wecker, C., Hetmanek, A., Osborne, J., Chinn, C. A., Golan Duncan, R., Rinehart, R. W., Siler, S. A., Klahr, D. und Sandoval, W. A. (2014) The interplay of domain-specific and domain-general factors in scientific reasoning and argumentation. In: Polman, J. L., Kyza, E. A., O'Neill, D. K., Tabak, I., Penuel, W. R., Jurow, A. S., O'Connor, K., Lee, T. und D'Amico, L. (Hrsg.) *Learning and Becoming in Practice: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2014*. Bd. 3. International Society of the Learning Sciences, Boulder, Colorado, 1189-1198.
- Fischer, S. K. (2015) *Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung und Vererbung*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Fischer, S. und Graf, D. (2012). *Entwicklung von Diagnoseaufgaben zum Anpassungsprozess und zur Vererbung - Projektskizze*. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 11, 129-144.
- Fischer, S., Jelemenská, P. und Graf, D. (2013). *Concept-Maps und Multiple-Choice Aufgaben im Lehramtsstudium und im Biologieunterricht*. In S. Hußmann und C. Selzer (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT* (S. 115-130). Waxmann, Münster.

- Frommann, U. (2005) Die Methode „Lautes Denken“ https://www.e-teaching.org/didaktik/qualitaet/usability/Lautes%20Denken_e-teaching_org.pdf (15.09.2015)
- Futuyma, D. J. (2013) Evolution. 3. Auflage. Sinauer Associates Inc., Sunderland: Massachusetts.
- Garvin-Doxas, K. und Klymkowsky, M. W. (2008) Understanding randomness and its impact on student learning: lessons learned from building the Biology Concept Inventory (BCI). CBE – Life Sciences Education, 7, 227-233.
- Graf, D. (2006) Ist der Biologieunterricht wirklich wissenschaftsorientiert? In: Der Skeptiker, 19, S. 141-148.
- Graf, D. (2009) Evolution – das Rückgrat der Biologie. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 62 (1), 3-4.
- Graf, D. (2013) Nicht schon wieder: Informationstechnologie revolutioniert Unterricht. In: Kracht, A.-K. und Pallack, A. (Hrsg.) Unterrichten mit Tablet-Computern. Themespezial MINT. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 13.
- Graf, D. (2014) Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. (Hrsg.) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 325-337.
- Graf, D. und Hamdorf, E. (2011) Evolution: Verbreitete Vorstellungen zu einem zentralen Thema. In: Dreesmann, D.C., Graf, D. und Wittke, K. (Hrsg.) Evolutionsbiologie. Moderne Themen für den Unterricht. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 25-41.
- Greene E.D., (1990) The logic of university students' misunderstanding of natural selection. Journal of Research in Science Teaching. 27, 875–885.
- Gronlund, N. E. (1993). How to make achievement tests and assessments. Allyn and Bacon, Massachusetts.
- Gropengießer, H. (2003) Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd.4, Didaktisches Zentrum, Oldenburg.
- Gropengießer, H. (2007) Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) Theorie in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 105-116.
- Haladyna, T. M., Downing, S. M. und Rodriguez, M. C. (2002) A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. Applied Measurement in Education, 15 (3), 309-334.
- Hammann, M. und Asshoff, R. (2014) Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten. Kallmeyer in Verbindung mit Klett, Seelze.

- 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.
- Harms, U. (2016) Diagnose und Rückmeldung – zwei Seiten einer Medaille. Unterricht Biologie, 417: 2-7.
- Hattie, J. (2015) Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning“. Erweiterte Auflage mit Index und Glossar (3. Aufl.). Schneider-Verlag, Hohengehren.
- Heckhausen, H. (1968) Förderung der Lernmotivierung und der intellektuellen Tüchtigkeiten. In Roth, H. (Hrsg.) Begabung und Lernen. Klett, Stuttgart, 193-228.
- Helmke, A. (2012) Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Klett-Kallmeyer, Seelze.
- Herron, J. (2014): EvoDots 1.2. URL <http://faculty.washington.edu/herronjc/SoftwareFolder/EvoDots.html> (09.07.2017)
- Herzig, B. (2008) Schule und digitale Medien. In: Sander, U., von Gross, F. und Hugger, K.-U. (Hrsg.) Handbuch Medienpädagogik. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 498-504.
- Hessisches Kultusministerium (2011) Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I – Gymnasium. Biologie. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_biologie_gymnasium.pdf (08.02.2017)
- Hußmann, S. und Selter, C. (2013) Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT. Waxmann, Münster.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. und Ralle, B. (2013) Gegenstandorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: Komorek, M. und Prediger, S. (Hrsg.) Der lange Weg zum Unterrichtsdesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Sammelband in der Reihe fachdidaktische Forschungen der GFD. Waxmann-Verlag, Münster.
- Institut für Biologiedidaktik der JLU Gießen (o.J.) Käfolution. <http://evolution.uni-giessen.de:8888/> (20.08.2017)
- Issing, L. J. (1995) Instruktionsdesign für Multimedia. In: Issing, L. J. und Klimsa, P. (Hrsg.) Information und Lernen mit Multimedia. Psychologie-Verlags-Union, Weinheim, 195-220.
- 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. In: 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. und Zogza, V. (2007) Students' Preconceptions about Evolution: How Accurate is the Characterization as "Lamarckian" when Considering the History of Evolutionary Thought? *Science and Education*, 16: 393-422.
- Kampourakis, K. und Zogza, V. (2008) Students' Intuitive Explanations of the Causes of Homologies and Adaptions. *Science and 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 and Education*, 18: 1313-1340.
- Kattmann, U. (1995) Dynamik der Evolution. *Unterricht Biologie*, Sammelband Evolution 1995, 2-5.
- Kattmann, U. (2007) Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) *Theorie in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 93-104.
- Kattmann, U. (2015) *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Aulis-Verlag, Hallbergmoos.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. und Komorek, M. (1997) Das Modell der didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3): 3-18.
- Kerres, M. (2013) *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote*. 4. überarbeitete und aktualisierte Auflage. Oldenbourg-Verlag, München.
- Klimsa, P. (1995) Multimedia aus psychologischer und didaktischer Sicht. In: Issing, L. J. und Klimsa, P. (Hrsg.) *Information und Lernen mit Multimedia*. Psychologie-Verlags-Union, Weinheim, 7-24.
- KMK (2012) *Medienbildung in der Schule. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08. März 2012*. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf (04.05.2017).
- Knoblich, G., und Öllinger, M. (2006) Die Methode des lauten Denkens. In Funke, J., und Frensch, P. A. (Hrsg.), *Handbuch Allgemeine Psychologie – Kognition*. Hogrefe-Verlag, Göttingen, 691-696.
- Komorek, M. und Prediger, S. (2013) *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Sammelband in der Reihe *fachdidaktische Forschungen der GFD*. Waxmann-Verlag, Münster.
- Kopp, B. und Mandl, H. (2014) *Lerntheoretische Grundlagen von Rückmeldungen*. In: Ditton, H. und Müller A. (Hrsg.) *Feedback und Rückmeldungen. Theoretische Grundlagen, empirische Befunde, praktische Anwendungsfelder*. Waxmann-Verlag, Münster, 151-162.

- Krathwohl, D. R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41 (4): 212-218.
- 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.
- Kuckartz, U. (2012) *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa, Weinheim Basel.
- Lakoff, G. und Johnson, M. (1998) *Leben in Metaphern. Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern*. Carl Auer, Heidelberg.
- Lammert, N. (2012) *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation, Technische Universität Dortmund.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch*. Beltz, Weinheim.
- Langfeldt, H.-P. und Tent, L. (1999) *Pädagogisch-psychologische Diagnostik. Anwendungsbereiche und Praxisfelder (Band 2)*, Hogrefe: Göttingen.
- Levin, J., Anglin, G., und Carney, R. (1987) On empirically validating functions of pictures in prose. In: Willows, D. und Houghton, H. (Hrsg.) *The psychology of illustration, volume 2: Instructional issues*. Springer-Verlag, New York, 51–85
- Ley, S.L. (2015) *Concept Maps als Diagnoseinstrument im Physikunterricht und deren Auswirkung auf die Diagnosegenauigkeit von Physiklehrkräften*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- Link, M. (2012) *Grundschul Kinder beschreiben operative Zahlenmuster: Entwurf, Erprobung und Überarbeitung von Unterrichtsaktivitäten als ein Beispiel für Entwicklungsforschung*. Vieweg + Teubner, Wiesbaden.
- Marohn, A. (2008) Choice2learn – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14: 57-83.
- Maturana, H.R. und Varela, F.J. (2009) *Der Baum der Erkenntnis: Die biologischen Wurzeln menschlichen Erkennens*. 6. Auflage. Fischer Taschenbuch-Verlag, Frankfurt am Main.
- Max, C. (1997) Verstehen heißt Verändern. <Conceptual Change> als didaktisches Prinzip des Sachunterrichts. In: Meier, R., Unglaube, H., Faust-Siehl, G.: *Sachunterricht in der Grundschule*. Grundschulverband - Arbeitskreis Grundschule, Frankfurt am Main, 62-89.
- Mayer, R. E. (2001) *The Cambridge handbook of multimedia learning*. 2. Auflage. Cambridge University Press, Cambridge - New York.
- Mayr, E. (1979) *Evolution und die Vielfalt des Lebens*. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.

- Mayr, E. (1982) *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts; London, England.
- Mayring, P. (2016) *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. 6. Auflage. Beltz, Weinheim-Basel.
- Merton, R. K. und Kendall, P. L. (1979) Das fokussierte Interview. In: C. Hopf und E. Weingarten (Hrsg.) *Qualitative Sozialforschung*. Klett-Cotta, Stuttgart, 171–204
- Messick, S. (1995) Validity of psychological assessment. *American Psychologist*, 50 (9), 741-749.
- Michiels, N. (2009) Darwin Rocks! <http://www.darwinrocks.de/spiel.html> (09.07.2017).
- Minass, E. (2002) *Dimensionen des E-Learning. Neue Blickwinkel und Hintergründe für das Lernen mit dem Computer*. Smart Books, Kilchberg.
- Möller, K. (2010) Lernen von Naturwissenschaften heisst: Konzepte verändern. In: Labudde, P. [Hrsg.] *Fachdidaktik Naturwissenschaften 1.-9. Schuljahr*. Haupt Verlag, Bern, 57-72.
- Monaco, J. (2013) *Film verstehen. Kunst, Technik, Sprache, Geschichte und Theorie des Films und der neuen Medien*. 3. Auflage. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek.
- Monetha, S. (2009) *Alltagsphantasien, Motivation und Lernleistung. Zum Einfluss der expliziten Berücksichtigung von Alltagsphantasien im Biologieunterricht auf motivationale Faktoren und Lernleistung. Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 26*. Barbara Budrich Verlag, Opladen und Farmington Hills.
- Müller S. und Serth Y. (2012) *Mit digitalen Medien den Schulalltag optimieren. 66 praktische Ideen für Selbstorganisation im Unterricht*. Verlag an der Ruhr, Mülheim an der Ruhr.
- Nadelson, L. S. und Southerland, S. A. (2010) Development and Preliminary Evaluation of the Measure of Understanding of Macroevolution: Introducing the MUM. *The Journal of Experimental Education*, 78, 151-190.
- Narciss, S. (2006) *Informatives tutorielles Feedback*. Waxmann-Verlag, Münster.
- Nehm, R. H. und Reilly, L. (2007) Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience*, 57(3): 263-272.
- Nehm, R. H., Beggrow, E. P., Opfer, J. E., und Ha, M. (2012). Reasoning about natural selection: diagnosing contextual competency using the ACORNS instrument. *The American Biology Teacher*, 74(2): 92-98.
- Nova Labs (2017) <http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/> (09.07.2017)
- Novak, J. D. und Gowin, D. B. (1984) *Learning how to learn*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Olander, C. (2008) The reasoning of students aged 11 -16 about biological evolution. In: Hammann, M., Reiss, M., Boulter, C. und Tunnicliffe, S. (Hrsg.) *Biology in Context, Learning and teaching for the twenty-first century*. Institute of Education, London, 64–74.

- Ortmann-Welp, E. (2011) *Hybride Lernarrangements: Vernetzung von Präsenz- und Online-Lernen*. Diplomica-Verlag, Hamburg.
- Paivio, A. (1986) *Mental representations. A dual coding approach*. Oxford University Press, New York.
- Palmer, D. (1996) Student's Application of a Biological Concept: Factors Affecting Consistency. *Research in Science Education*, 26 (4): 409-419.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. und Boyle, R. A. (1993) Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Faktoren in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63 (2): 167-199.
- Pohl-Apel, G. (2000) Evolution der Lebewesen. In: Munk, K. (Hrsg.) *Grundstudium Biologie. Biochemie, Zellbiologie, Ökologie, Evolution*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg Berlin, 19-1-19-27
- 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. (2010) Über das Verhältnis von Theorien und wissenschaftlichen Praktiken – am Beispiel von Schwierigkeiten von Textaufgaben. *Journal für Mathematikdidaktik*, 31(2): 167–195.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hussmann, S., Ralle, B. und Thiele, J. (2012) Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. *Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 65(8): 452-457.
- Reinders, H. (2016) *Qualitative Interviews mit Jugendlichen führen. Ein Leitfaden*. 3. Auflage. De Gruyter Verlag, Oldenbourg.
- Reinfried, S. (2006) Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. *Geographie heute*, 243: 38-43.
- Rey, G.D. (2009) *E-Learning: Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung*. Huber-Verlag, Bern.
- Riemeier, T. (2007) Moderater Konstruktivismus. In: Krüger, D. und Vogt, H. (Hrsg.) *Theorie in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 69-79.
- Salomon, G. (1979). *Interaction of media, cognition, and learning: An exploration of how symbolic forms cultivate mental skills and affect knowledge acquisition*. Jossey-Bass, San Francisco.
- 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.

- Sandmann, A. (2014) Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In: Krüger, D., Parchmann, I. und Schecker, H. (Hrsg.) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 179-188.
- Scherer, P. (2010) Diagnostik im Mathematikunterricht. In P. Scherer und E. Moser Opitz (Hrsg.), Fördern im Mathematikunterricht der Primarstufe. Spektrum-Verlag, Heidelberg, 31-48.
- Schweiger, W. (2010) Informationsnutzung online: Informationssuche, Selektion, Rezeption und Usability von Online-Medien. In: Schweiger, W. und Beck, K. (Hrsg.) Handbuch Online-Kommunikation. VS - Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Seeger, R. (2010) Handwerk und E-Learning – Wege und Methoden zur Wissensnutzung in Kleinbetrieben. GRIN-Verlag, München.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naive and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52: 170-194.
- Shute, V.J. (2008) Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78, 153-189.
- Smith, M.U. (2010) Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science and Education*, 19: 539-571.
- Sofos, A. und Kron, F. W. (2010) Erfolgreicher Unterricht mit Medien. Logophon Verlag, Mainz.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L. und Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85 (4): 328-348.
- Spöhrhase-Eichmann, U. (2010a) Was soll Biologiedidaktik leisten? In: Spöhrhase-Eichmann, U., Ruppert, W. (Hrsg.) Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 4. Auflage. Cornelsen Scriptor, Berlin, 10-24.
- Spöhrhase-Eichmann, U. (2010b) Welche Ziele verfolgt Biologieunterricht? In: Spöhrhase-Eichmann, U., Ruppert, W. (Hrsg.) Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 4. Auflage. Cornelsen Scriptor, Berlin, 25-67.
- Stieler, F. (2011) Qualität summativer Prüfungen. Überlegungen zur Gestaltung von Klausuren. Janus, Bielefeld.
- 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.
- Süss, D. (2004): Mediensozialisation von Heranwachsenden. Dimensionen – Konstanten – Wandel. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Tamir, P. (1991) Multiple-Choice-Items: How to gain the most out of them. *Biochemical Education*, 19 (4), 188-192.

- Taylor, M. und Smith, S. P. (2009) How do you know if they are getting it? Writing assessment items that reveal student understanding. *Science Scope*, 32 (5), 60-64.
- Terzer, E., Patzke, C. und Upmeier zu Belzen, A. (2012) Validierung von Multiple-Choice Items zur Modellkompetenz durch lautes Denken. In: Harms, U. und Bogner F. X. (Hrsg.) *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 5. Studien Verlag, Innsbruck-Wien-Bozen, 45-62.
- Treagust, D. (1986): Evaluating student's misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, 16, 199-207.
- Tudolziecki, G. und Herzig, B. (2010) *Mediendidaktik. Medien in Lehr- und Lernprozessen verwenden*. Kopaed-Verlag, München.
- Tuma, R., Schnettler, B. und Knoblauch, H. (2013) *Videographie. Einführung in die interpretative Videoanalyse sozialer Situationen*. Springer VS, Wiesbaden.
- Unterbruner, U. (2007) Multimedia-Lernen und Cognitive Load. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.) *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 153-164.
- Upmeier zu Belzen, A. (2011) Lebensweltliche Vorstellungen und wissenschaftliches Denken. In: Bayrhuber, H., Faber, A. und Leinfelder, R. (Hrsg.) *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung*. Friedrich Verlag, Seelze, 172-181.
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. und Nieveen, N. (Hrsg.) (2006) *Educational Design Research*. Routledge Chapman and Hall, Abingdon
- van Eimeren, B. und Krist, R. (2004) Mediennutzung und Fernsehpräferenzen der 12- bis 17-Jährigen. *Televizion* (17/2004/2) http://www.br-online.de/jugend/izi/deutsch/publikation/televizion/17_2004_2/eimeren.pdf (21.05.2017).
- 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.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. und Novak, J.D. (1994) Research on alternative conceptions in Science. In: Gabel, D. [Hrsg.] *Handbook of Research on Science Teaching and learning*. NSTA/Macmillan, New York, 177-210
- Weidenmann, B. (2006) Lernen mit Medien. In: Krapp, A. und Weidenmann, B. (Hrsg.) *Pädagogische Psychologie*. 5. Auflage. Beltz PVU, Weinheim, 423-476.
- Weidle, R. und Wagner, A. C. (1994) Die Methode des Lauten Denkens. In: Huber, G. L. und Mandl, H. (Hrsg.) *Verbale Daten. Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung*. 2. Auflage. Beltz, Weinheim, 81-103.
- Weinert, F. E. (1997) *Psychologie des Unterrichts und der Schule: Enzyklopädie der Psychologie*, D, Serie Pädagogische Psychologie (Bd. 3), Hogrefe, Göttingen.

- Weitzel, H. (2006) Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Band 15, Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- Weitzel, H. (2010a) Welche Bedeutungen haben vorunterrichtliche Vorstellungen für das Lernen? In: Spörhase-Eichmann, U. und Ruppert, W. [Hrsg.] Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 4. Auflage, Cornelson Scriptor, Berlin, 75-96.
- Weitzel, H. (2010b) Wie kann Unterricht Vorstellungsänderungen bewirken? In: Spörhase-Eichmann, U. und Ruppert, W. [Hrsg.] Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 4. Auflage, Cornelson Scriptor, Berlin, 97-106.
- Weitzel, H. und Betzitza, U. (2016) Anpassung oder Angepasstheit? Das Verständnis von Evolutionsmechanismen diagnostizieren. Unterricht Biologie, 417: 32-37.
- 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.
- Wolf, N. (2013) Subjektive Theorien zum Lerngegenstand „Nachhaltigkeit“ - Bedingungen und Möglichkeiten zur Förderung eines nachhaltigen Handelns im Biologieunterricht. Dissertation, Technische Universität Dortmund.
- Zabel, J. (2009) Biologie verstehen: Die Rolle der Narratio beim Verstehen der Evolutionstheorie. Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion, Band 24, Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.

11 Anhang

11.1 Fragen zu den vier Beispielen

Geparde:

Geparde können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Vorfahren von Geparden konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen.

Wie lässt sich die Entwicklung der Laufgeschwindigkeit erklären?

Enten:

Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute. Dieses Merkmal macht sie zu schnellen Schwimmern. Biologen vermuten, dass sich Enten aus Landvögeln mit kleinen Schwimmhäuten entwickelt haben.

Wie lässt sich die Entwicklung der Schwimmhäute erklären?

Kakteen:

Kakteen können Wasser speichern. Sie kommen an wasserarmen Standorten vor. Durch die Wasserspeicherezellen sind sie in der Lage an diesen Standorten besser zu überleben.

Wie lässt sich die Entwicklung von wasserspeichernden Kakteen erklären?

Brombeerpflanzen:

Brombeerpflanzen sind Kletterpflanzen. Sie wachsen mit Hilfe von Stacheln z.B. an Zäunen, Häuserwänden oder anderen Pflanzen hoch. Dadurch haben sie mehr Licht. Durch ihre Stacheln können sie sehr gut an solchen Standorten wachsen.

Wie lässt sich die Entwicklung von kletternden Brombeerpflanzen erklären?

11.2 Satzbausteine Gepard

Entwicklungsebene (E1-E4)	Gründe und Auslöser der Anpassung (G1-G10)	Merkmal (M1+M2)	Angepasstheit I (A11-A116)	Angepasstheit II (A111-A1120)	Begründung der Anpassung (B1-B3)	Zeitliche Dimension (Z1-Z4)
Zwei Geparde...	...merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb...	...schneller.	Durch ihr Training wurden die Geparde immer schneller...	...und konnten mehr Jungtiere großziehen.	Die heutigen Geparde sind so schnell, weil sie so viel trainieren.	Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums.
Einige Geparde...	...waren durch eine zufällige Mutation...	...schneller als andere.	Dadurch konnten sie sich besser fortpflanzen...	...und gaben ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weiter, die dann ebenfalls schneller waren.	Deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren.	Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.
Alle Geparde...	...waren zufällig...		Dadurch konnten sie besser überleben...	...und trainierten ihre Jungtiere, die dadurch ebenfalls schneller waren.	Die heutigen Geparde lernen auch heute von ihren Eltern das schnelle Laufen.	Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.
	...wurden immer etwas...		Dadurch hatten sie mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung...	...und vererbten diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an ihre Nachkommen.		Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.
	...trainierten viel und wurden deshalb...		Dadurch hatten sie einen besseren Jagderfolg...	...und hatten genug zu fressen.		
finalistisch						

		...schneller, ...	...damit sie besser überleben konnten...	...und diese Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben konnten.		
		...schneller als andere, ...	...damit sie mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung hatten...	...und ihre Jungtiere trainieren konnten, die dadurch schneller wurden.		
			...damit sie besseren Jagderfolg hatten...	...und genug zu fressen hatten.		
				...und mehr Jungtiere großziehen konnten.		
				...und ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, so dass diese auch schneller waren.		
Einzahl						
Ein Gepard...	...merkte, dass seine Beutetiere schneller geworden waren und wurde deshalb...	...schneller.	Durch sein Training wurde der Gepard immer schneller...	...und konnte mehr Jungtiere großziehen.		

	...war durch eine zufällige Mutation...	...schneller als andere.	Dadurch konnte er sich besser fortpflanzen...	...und gab seine Fähigkeiten an seine Nachkommen weiter, die dann ebenfalls schneller waren.		
	...war zufällig...		Dadurch konnte er besser überleben...	...und trainierte seine Jungtiere, die dadurch ebenfalls schneller waren.		
	...wurde immer etwas...		Dadurch hatte er mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung...	...und vererbte diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an seine Nachkommen.		
	...trainierte viel und wurde deshalb...		Dadurch hatte er einen besseren Jagderfolg...	...und hatte genug zu fressen.		
Einzahl finalistisch						
		...schneller, ...	...damit er besser überleben konnte...	...und diese Fähigkeiten an seine Nachkommen vererben konnte.		
		...schneller als andere, ...	...damit er mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung hatte...	...und seine Jungtiere trainieren konnte, die dadurch schneller wurden.		
			...damit er besseren Jagderfolg hatte...	...und genug zu fressen hatte.		
				...und mehr Jungtiere großziehen konnte.		

				...und seine Fähigkeiten an seine Nachkommen weitergeben konnte, so dass diese auch schneller waren.		
--	--	--	--	--	--	--

11.3 Satzbausteine Kaktus

Entwicklungsebene (E1-E4)	Gründe und Auslöser der Anpassung (G1-G10)	Merkmal (M1+M2)	Angepasstheit I (A11-A116)	Angepasstheit II (AII1-AII16)	Begründung der Anpassung (B1-B3)	Zeitliche Dimension (Z1-Z4)
Zwei Vorfahren der Kakteen...	...merkten, dass sie zu wenig Wasser hatten und entwickelten einen Mechanismus zum...	...Wasser speichern.	Dadurch hatten sie einen Vorteil gegenüber anderen...	...und sie konnten mehr Nachkommen bilden.	Deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen.	Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums.
Einige Vorfahren der Kakteen...	...konnten durch eine zufällige Mutation...	...mehr Wasser speichern als andere.	Durch ihren regelmäßigen Wasserkontakt wurden ihre Speicherzellen wirksamer...	...und sie brachten ihren Nachkommen bei Wasser zu speichern.	Die heutigen Kakteen können Wasser speichern, da sie viel Wasser aufgesaugt haben.	Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.
Alle Vorfahren der Kakteen...	...konnten zufällig...		Dadurch konnten sie besser überleben...	...und sie vererbten diese Fähigkeit an ihre Nachkommen.	Die heutigen Kakteen lernen von den Eltern Wasser zu speichern.	Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.
	...konnten nach und nach...		Dadurch sind sie nicht vertrocknet und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen...	...und sie hatten genug Wasser.		Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.
	...saugten viel Wasser auf und konnten deshalb...		Dadurch konnten sie sich erfolgreicher fortpflanzen...			

finalistisch

		...Wasser speichern, ...	...damit sie besser überleben konnten...	...und genug Wasser hatten.		
		...mehr Wasser speichern als andere,...	...damit sie mehr Erfolg bei der Fortpflanzung hatten...	...und mehr Nachkommen bekommen konnten.		
			...damit sie sich besser versorgen konnten...	...und ihren Nachkommen beibringen konnten Wasser zu speichern.		
				... und diese Fähigkeit an ihre Nachkommen vererben konnten.		
Einzahl						
Ein Vorfahr des Kaktus...	...merkte, dass er zu wenig Wasser hatte und entwickelte einen Mechanismus zum...	...Wasser speichern.	Dadurch hatten er einen Vorteil gegenüber anderen ...	...und er konnte mehr Nachkommen bilden.		
	...konnte durch eine zufällige Mutation...	...mehr Wasser speichern als andere.	Durch seinen regelmäßigen Wasserkontakt wurden seine Speicherzellen wirksamer...	...und er brachte seinen Nachkommen bei Wasser zu speichern.		
	...konnte zufällig...		Dadurch konnte er besser überleben...	...und er vererbte diese Fähigkeit an seine Nachkommen.		
	...konnte nach und nach...		Dadurch ist er nicht vertrocknet und konnten sich	...und er hatte genug Wasser.		

			erfolgreicher fortpflanzen ...			
	...saugte viel Wasser auf und konnte deshalb...		Dadurch konnte er sich erfolgreicher fortpflanzen...			
finalistisch						
		...Wasser speichern, ...	...damit er besser überleben konnte...	...und genug Wasser hatte.		
		...mehr Wasser speichern als andere,...	...damit er mehr Erfolg bei der Fortpflanzung hatte...	...und mehr Nachkommen bekommen konnte.		
			...damit er sich besser versorgen konnte...	...und seinen Nachkommen beibringen konnte Wasser zu speichern.		
				... und diese Fähigkeit an seine Nachkommen vererben konnte.		

11.4 Satzbausteine Ente

Entwicklungsebene (E1-E4)	Gründe und Auslöser der Anpassung (G1-G10)	Merkmal (M1)	Angepasstheit I (A11-A116)	Angepasstheit II (AII1-AII16)	Begründung der Anpassung (B1-B3)	Zeitliche Dimension (Z1-Z4)
Zwei Enten...	...merkten, dass sie nicht gut schwimmen konnten und entwickelten somit...	...Schwimmhäute.	Dadurch hatten sie einen Vorteil gegenüber anderen...	...und sie konnten mehr Jungtiere großziehen.	Deshalb haben die Enten heute Schwimmhäute.	Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums.
Einige Enten...	...bekamen durch eine zufällige Mutation...		Durch ihren regelmäßigen Wasserkontakt wurden ihre Schwimmhäute wirksamer...	...und sie schickten ihre Nachkommen ins Wasser, so dass diese auch Schwimmhäute entwickelten.	Deshalb schicken die heutigen Enten ihre Jungen immer ins Wasser.	Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.
Alle Enten...	...bekamen zufällig...		Dadurch konnten sie besser überleben...	...und sie vererbten ihr Merkmal (Schwimmhäute) an ihre Nachkommen weiter.	Die heutigen Enten lernen von den Eltern Schwimmhäute zu bilden.	Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.
	...waren öfter im Wasser und so entstanden...		Dadurch konnten sie ihren Lebensraum erweitern und sich infolgedessen besser fortpflanzen...	...und sie hatten genug zu fressen.		Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.
	...benutzten häufig ihre Füße im Wasser und so entwickelten sich...		Dadurch konnten sie sich besser fortpflanzen...			

finalistisch

		...Schwimmhäute, ...	...damit sie besser überleben konnten...	...und genug zu fressen hatten.		
			...damit sie mehr Erfolg bei Nahrungssuche und Fortpflanzung hatten...	...und mehr Jungtiere großziehen konnten.		
			...damit sie besser schwimmen konnten...	...und ihre Nachkommen ins Wasser schicken konnten, damit diese auch Schwimmhäute bekommen.		
				... und dieses Merkmal an ihre Nachkommen vererben konnten.		
Einzahl						
Eine Ente...	...merkte, dass sie nicht schnell schwimmen konnte und entwickelte somit...	...Schwimmhäute.	Dadurch hatte sie einen Vorteil gegenüber anderen...	...und sie konnte mehr Jungtiere großziehen.		
	...bekam durch eine zufällige Mutation...		Durch ihren regelmäßigen Wasserkontakt wurden ihre Schwimmhäute wirksamer...	...und sie schickte ihre Nachkommen ins Wasser, so dass diese auch Schwimmhäute entwickelten.		
	...benutzte häufig ihre Füße im		Dadurch konnte sie besser überleben...	...und sie vererbte ihr Merkmal (Schwimmhäute) an		

	Wasser und so entwickelten sich...			ihre Nachkommen weiter.		
	...war öfter im Wasser und so entstanden...		Dadurch konnte sie ihren Lebensraum erweitern und sich infolgedessen besser fortpflanzen...	...und sie hatte genug zu fressen.		
	...bekam zufällig...		Dadurch konnte sie sich besser fortpflanzen...			
Einzahl finalistisch						
		...Schwimmhäute, ...	...damit sie besser überleben konnte...	...und genug zu fressen hatte.		
			...damit sie mehr Erfolg bei Nahrungssuche und Fortpflanzung hatte...	...und mehr Jungtiere großziehen konnte.		
			...damit sie besser schwimmen konnte...	...und ihre Nachkommen ins Wasser schicken konnte, damit diese auch Schwimmhäute bekommen.		
				... und dieses Merkmal an ihre Nachkommen vererben konnte.		

11.5 Satzbausteine Brombeere

Entwicklungsebene (E1-E4)	Gründe und Auslöser der Anpassung (G1-G10)	Merkmal (M1+M2)	Angepasstheit I (A11-A116)	Angepasstheit II (A111-A1116)	Begründung der Anpassung (B1-B3)	Zeitliche Dimension (Z1-Z4)
Zwei Vorfahren der Brombeerpflanzen...	...merkten, dass sie am Boden zu wenig Licht bekamen und entwickelten...	...Stacheln zum Klettern.	Dadurch hatten sie einen Vorteil gegenüber anderen...	...und sie konnten mehr Nachkommen bilden.	Deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen.	Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens einer Brombeerpflanze.
Einige Vorfahren der Brombeerpflanzen...	...bekamen durch eine zufällige Mutation...	...mehr Stacheln zum Klettern als andere.	Durch das ständige Klettern konnten die Pflanzen immer mehr Stacheln bilden...	...und sie brachten ihren Nachkommen bei, Stacheln herzustellen.	Die heutigen Brombeerpflanzen können Klettern, da sie viel Licht haben.	Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.
Alle Vorfahren der Brombeerpflanzen...	...bekamen zufällig...		Dadurch konnten sie besser überleben...	...und sie vererbten die Stacheln an ihre Nachkommen.	Die heutigen Brombeerpflanzen lernen von den Eltern Stacheln herzustellen.	Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.
	...bekamen nach und nach...		Dadurch hatten sie genug Licht und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen...	...und sie sind nicht gestorben.		Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.
	...wuchsen oft an Zäunen hoch und bekamen deshalb...		Dadurch konnten sie sich erfolgreicher fortpflanzen...			
finalistisch						
		...Stacheln zum Klettern,	...damit sie besser überleben konnten...	...und genug Licht hatten.		

		...mehr Stacheln zum Klettern als andere,	...damit sie mehr Erfolg bei der Fortpflanzung hatten...	...und mehr Nachkommen bekommen konnten.		
			...damit sie sich besser versorgen konnten...	...und ihren Nachkommen beibringen konnten Stacheln herzustellen.		
				... und dieses Merkmal an ihre Nachkommen vererben konnten.		
Einzahl						
Ein Vorfahr der Brombeerpflanze...	...merkte, dass er am Boden zu wenig Licht bekam und entwickelte...	...Stacheln zum Klettern.	Dadurch hatte er einen Vorteil gegenüber anderen...	...und er konnte mehr Nachkommen bilden.		
	...bekam durch eine zufällige Mutation...	...mehr Stacheln zum Klettern als andere.	Durch das ständige Klettern konnte die Pflanze immer mehr Stacheln bilden...	...und er brachte ihren Nachkommen bei, Stacheln herzustellen.		
	...bekam zufällig...		Dadurch konnte er besser überleben...	...und er vererbte dieses Merkmal an ihre Nachkommen.		
	...bekam nach und nach...		Dadurch hatte er genug Licht und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen...	...und er ist nicht gestorben.		
	...wuchs oft an Zäunen hoch und bekam deshalb...		Dadurch konnte er sich erfolgreicher fortpflanzen...			

finalistisch

		...Stacheln zum Klettern,	...damit er besser überleben konnte...	...und genug Licht hatte.		
		...mehr Stacheln zum Klettern als andere,	...damit er mehr Erfolg bei der Fortpflanzung hatte...	...und mehr Nachkommen bekommen konnte.		
			...damit er sich besser versorgen konnte...	...und seinen Nachkommen beibringen konnte Stacheln herzustellen.		
				... und dieses Merkmal an seine Nachkommen vererben konnte.		

11.6 Feedback Gepard

Satzbaustein	Feedback
Zwei Geparde...	Diese Antwort ist falsch. Du meinst, dass es genau zwei Geparde waren. Man geht jedoch davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss, da man nicht genau wissen kann, ob es genau zwei Geparde waren, die schneller laufen konnten.
Einige Geparde...	Diese Antwort ist richtig. Man kann nicht genau sagen, wie viele Geparde schneller geworden sind, man weiß nur, dass es nicht alle auf einmal gewesen sein können. Man geht jedoch davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.
Alle Geparde...	Diese Antwort ist falsch. Du meinst, dass es alle Geparde auf einmal waren, die schneller wurden. Es sind aber nicht alle Geparde gleich, sondern haben unterschiedliche Eigenschaften . Es überleben nur diejenigen, die am besten an ihre Lebensumstände angepasst sind (hier: schnelles Laufen), wenn z.B. Nahrung begrenzt ist.
...merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb...	Diese Antwort ist falsch. Du beschreibst, dass die Geparde gemerkt haben, dass ihre Beute schneller wurde. Kein Lebewesen kann selbst entscheiden, dass es ein körperliches Merkmal ändern muss, um schneller zu werden. Es ist ein Prozess , der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.
...waren durch eine zufällige Mutation...	Diese Antwort ist richtig. Es ist ein Prozess , der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.
...waren zufällig...	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du beschreibst, dass die Veränderung zufällig geschieht, genauer gesagt basiert sie auf zufälligen genetischen Mutationen (Veränderungen).
...wurden immer etwas...	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du beschreibst, dass sich immer etwas ändert, aber deine Begründung fehlt. Die Veränderung geschieht tatsächlich, basiert aber auf zufälligen genetischen Mutationen (Veränderungen).
...trainierten viel und wurden deshalb...	Diese Antwort ist falsch. Du beschreibst, dass die Geparde trainierten. Geparde trainieren nicht. Geparde werden durch einen Prozess schneller, der auf

	zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.
...schneller.	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du sagst, dass die Geparde schneller geworden sind. Außerdem ist wichtig, dass die Geparde schneller waren als andere . Somit konnten sie gegenüber anderen mehr Beute fangen, dadurch länger überleben und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.
...schneller als andere.	Diese Antwort ist richtig. Die Geparde waren schneller als andere und konnten sich somit gegenüber den anderen durchsetzen , indem sie mehr Beute fingen, dadurch länger überlebten und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben konnten.
Durch ihr Training wurden die Geparde immer schneller...	Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass die Geparde trainieren. Geparde trainieren nicht. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und haben daher mehr Nahrung und bessere Überlebenschancen . Somit hatten sie auch mehr Erfolg bei der Fortpflanzung und konnten (mehr) Nachkommen zeugen und diese versorgen.
Dadurch konnten sie sich besser fortpflanzen...	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Hier beschreibst du, dass die Geparde einen größeren Fortpflanzungserfolg hatten, weil sie schneller als andere waren. Die Geparde hatten den größeren Erfolg bei der Fortpflanzung , weil sie unter anderem durch mehr Nahrung länger gelebt haben und somit (mehr) Nachkommen zeugen und diese auch versorgen konnten.
Dadurch konnten sie besser überleben...	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Hier beschreibst du, dass die Geparde besser überleben konnten, weil sie schneller als andere waren. Hier fehlt die Begründung. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und haben daher mehr Nahrung und bessere Überlebenschancen . Somit hatten sie auch mehr Erfolg bei der Fortpflanzung und konnten (mehr) Nachkommen zeugen und diese versorgen.

<p>Dadurch hatten sie mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig. Die Geparde hatten einen besseren Erfolg bei der Fortpflanzung, denn durch mehr Nahrung hatten sie bessere Überlebenschancen und konnten somit Nachkommen zeugen und diese auch versorgen.</p>
<p>Dadurch hatten sie einen besseren Jagderfolg...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Hier beschreibst du, dass die Geparde einen besseren Jagderfolg hatten, weil sie schneller als andere waren. Die Geparde hatten zudem auch einen besseren Erfolg bei der Fortpflanzung, denn durch mehr Nahrung hatten sie bessere Überlebenschancen und konnten somit Nachkommen zeugen und diese auch versorgen.</p>
<p>...und konnten mehr Jungtiere großziehen.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. In deiner Antwort sagst du, dass die Geparde mehr Jungtiere großziehen konnten. Wichtig ist, dass diese Jungtiere von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens geerbt haben.</p>
<p>...und gaben ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weiter, die dann ebenfalls schneller waren.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. In deiner Antwort sagst du, dass die Geparde ihre Fähigkeiten weitergegeben haben. Wichtig ist, dass die Nachkommen von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens von ihren Eltern nicht einfach weitergegeben, sondern vererbt bekommen haben.</p>
<p>...und trainierten ihre Jungtiere, die dadurch ebenfalls schneller waren.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. In deiner Antwort sagst du, dass die Geparde ihre Jungtiere trainieren. Geparde trainieren nicht. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und dadurch, dass die Veränderung in den Genen, also dem Erbgut stattfindet, wird diese Fähigkeit auch an die Nachkommen weitervererbt.</p>
<p>...und vererbten diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an ihre Nachkommen.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig. Dadurch, dass die Veränderung in den Genen, also dem Erbgut stattfindet, wird diese Fähigkeit auch an die Nachkommen weitervererbt.</p>
<p>...und hatten genug zu fressen.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. In deiner Antwort sagst du, dass die Geparde genug zu fressen hatten. Wichtig ist, dass sie durch ihre besseren Überlebenschancen auch mehr Jungtiere</p>

	großziehen konnten und diese Jungtiere haben von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens geerbt .
Die heutigen Geparde sind so schnell, weil sie so viel trainieren.	Diese Antwort ist falsch. Deiner Meinung nach sind die Geparde so schnell, weil sie so viel und gut trainieren. Geparde trainieren nicht. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller.
Deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren.	Diese Antwort ist richtig. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde hatten einen besseren Erfolg bei der Fortpflanzung , denn durch mehr Nahrung hatten sie bessere Überlebenschancen und konnten somit (mehr) Nachkommen zeugen und diese auch versorgen. Deswegen haben nur die schnellsten überlebt und deshalb sind die Geparde heute im Durchschnitt schneller als ihre Vorfahren.
Die heutigen Geparde lernen auch heute von ihren Eltern das schnelle Laufen.	Diese Antwort ist falsch. Deiner Meinung nach sind die Geparde so schnell, weil sie das schnelle Laufen von Ihren Eltern lernen. Die Geparde sind so schnell, weil ihre Vorfahren durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller wurden und diese Fähigkeit dann an ihre Nachkommen weitervererbt haben.
Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums.	Diese Antwort ist falsch. Du meinst, dass sich das schnelle Laufen innerhalb des Lebens eines Gepards verändert hat. Diese Entwicklung ist allerdings ein Prozess . Es dauert viele Generationen , bis sich nach und nach eine höhere Geschwindigkeit durchsetzt .
Diese Entwicklung hat sich immer wiederholt.	Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du meinst, dass sich die Entwicklung immer wiederholt hat. Es ist dabei wichtig, dass sie sich im Verlauf mehrerer Generationen wiederholt hat. Das ist von großer Bedeutung, da man sonst nicht genau weiß, wann sich diese Entwicklung wiederholt hat und dass die Vererbung eine wichtige Rolle spielt.
Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.	Diese Antwort ist richtig. Die Entwicklung ist ein langsamer Prozess , der sich von Generation zu Generation weiterentwickelt, indem Fähigkeiten und Eigenschaften an die Nachkommen weitervererbt werden.

<p>Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Du meinst, dass sich die Entwicklung in wenigen Jahren vollzogen hat. Die Entwicklung ist ein langsamer Prozess, der sich von Generation zu Generation weiterentwickelt, indem Fähigkeiten und Eigenschaften an die Nachkommen weitervererbt werden.</p>
<p>...schneller,...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du sagst, dass die Geparde schneller geworden sind. Außerdem ist wichtig, dass die Geparde schneller waren als andere. Somit konnten sie gegenüber anderen mehr Beute fangen, dadurch länger überleben und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
<p>...schneller als andere,...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig. Die Geparde waren schneller als andere und konnten sich somit gegenüber den anderen durchsetzen, in dem sie mehr Beute fingen, dadurch länger überlebten und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
<p>...damit sie besser überleben konnten...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass die Geparde schneller geworden sind, um besser überleben zu können. Das Problem dabei ist, dass kein Lebewesen selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde haben also bessere Überlebenschancen, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>
<p>...damit sie mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung hatten...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass die Geparde schneller geworden sind, um mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung zu haben. Das Problem ist, dass kein Lebewesen selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde haben also mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>
<p>...damit sie besseren Jagderfolg hatten...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass die Geparde schneller geworden sind, um mehr Erfolg bei der Jagd zu haben.</p>

	<p>Das Problem ist, dass kein Lebewesen selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.</p> <p>Die Geparde haben also mehr Erfolg bei der Jagd, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>
...und diese Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben konnten.	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du gehst davon aus, dass die Geparde ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben konnten, weil sie durch einen bestimmten Grund entschieden haben schneller zu werden, um somit besser zu sein.</p> <p>Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind und konnten dies an ihre Nachkommen vererben. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p>
...und ihre Jungtiere trainieren konnten, die dadurch schneller waren.	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du gehst davon aus, dass die Geparde ihre Jungtiere trainieren konnten, weil sie durch einen bestimmten Grund entschieden haben schneller zu werden, um somit besser zu sein.</p> <p>Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p> <p>Zudem gehst du davon aus, dass sie trainieren. Geparde trainieren nicht.</p>
...und genug zu fressen hatten.	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du gehst davon aus, dass die Geparde genug zu fressen hatten, weil sie durch einen bestimmten Grund entschieden haben schneller zu werden, um somit besser zu sein.</p> <p>Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p>
...und mehr Jungtiere großziehen konnten.	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du gehst davon aus, dass die Geparde mehr Jungtiere großziehen konnten, weil sie durch einen bestimmten Grund entschieden haben schneller zu werden, um somit besser zu sein.</p> <p>Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p>
...und ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, so dass diese auch schneller waren.	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du gehst davon aus, dass die Geparde ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, weil sie durch einen bestimmten</p>

	<p>Grund entschieden haben schneller zu werden, um somit besser zu sein.</p> <p>Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind und konnten dies an ihre Nachkommen vererben. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p>
Ein Gepard...	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du meinst, dass es genau ein Gepard war. Man geht jedoch davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss, da man nicht genau wissen kann, ob es genau ein Gepard war, der schneller laufen konnte.</p>
...merkte, dass seine Beutetiere schneller geworden waren und wurde deshalb...	<p>Diese Antwort ist falsch.</p> <p>Du beschreibst, dass der Gepard gemerkt hat, dass seine Beute schneller wurde.</p> <p>Kein Lebewesen kann selbst entscheiden, dass es ein körperliches Merkmal ändern muss, um schneller zu werden. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
...war durch eine zufällige Mutation...	<p>Diese Antwort ist nicht ganz richtig.</p> <p>Du hast sehr gut erkannt, dass es ein Prozess ist, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert.</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
...war zufällig...	<p>Diese Antwort ist nicht ganz richtig und nicht vollständig.</p> <p>Du beschreibst, dass die Veränderung zufällig geschieht, genauer gesagt basiert sie auf zufälligen genetischen Mutationen (Veränderungen).</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
...wurde immer etwas...	<p>Diese Antwort ist nicht ganz richtig und nicht vollständig.</p> <p>Du beschreibst, dass sich immer etwas ändert, aber deine Begründung fehlt. Die Veränderung geschieht tatsächlich, basiert aber auf zufälligen genetischen Mutationen (Veränderungen).</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
...trainierte viel und wurde deshalb...	<p>Diese Antwort ist falsch.</p>

	<p>Du beschreibst, dass die Geparde trainierten. Geparde trainieren nicht. Geparde werden durch einen Prozess schneller, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
...schneller.	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du sagst, dass die Geparde schneller geworden sind. Außerdem ist wichtig, dass die Geparde schneller waren als andere. Somit konnten sie gegenüber anderen mehr Beute fangen, dadurch länger überleben und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
...schneller als andere.	<p>Diese Antwort ist richtig. Die Geparde waren schneller als andere und konnten sich somit gegenüber den anderen durchsetzen, in dem sie mehr Beute fingen, dadurch länger überlebten und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
Durch sein Training wurde der Gepard immer schneller...	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass der Gepard trainiert. Geparde trainieren nicht. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und haben daher mehr Nahrung und bessere Überlebenschancen. Somit hatten sie auch mehr Erfolg bei der Fortpflanzung und konnten (mehr) Nachkommen zeugen und diese versorgen. Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
Dadurch konnte er sich besser fortpflanzen...	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Hier beschreibst du, dass der Gepard einen besseren Fortpflanzungserfolg hat, weil er schneller als andere war. Die Geparde hatten den größeren Erfolg bei der Fortpflanzung, weil sie unter anderem durch mehr Nahrung länger gelebt haben und somit (mehr) Nachkommen zeugen und diese auch versorgen konnten. Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
Dadurch konnte er besser überleben...	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig.</p>

	<p>Hier beschreibst du, dass der Gepard besser überleben konnte, weil er schneller als andere war.</p> <p>Hier fehlt die Begründung. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und haben daher mehr Nahrung und bessere Überlebenschancen. Somit hatten sie auch mehr Erfolg bei der Fortpflanzung und konnten (mehr) Nachkommen zeugen und diese versorgen.</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
<p>Dadurch hatte er mehr Erfolg bei der Jagd und infolgedessen der Fortpflanzung...</p>	<p>Diese Antwort ist nicht ganz richtig.</p> <p>Der Gepard hatte einen besseren Erfolg bei der Fortpflanzung, denn durch mehr Nahrung hatte er bessere Überlebenschancen und konnte somit Nachkommen zeugen und diese auch versorgen.</p> <p>Das ist richtig, aber du gehst hier von einem Gepard aus. Man geht aber davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
<p>Dadurch hatte er einen besseren Jagderfolg...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig.</p> <p>Hier beschreibst du, dass der Gepard einen besseren Jagderfolg hatte, weil er schneller als andere war.</p> <p>Die Geparde hatten zudem auch einen besseren Erfolg bei der Fortpflanzung, denn durch mehr Nahrung hatten sie bessere Überlebenschancen und konnten somit Nachkommen zeugen und diese auch versorgen.</p> <p>Zudem gehst du hier von einem Gepard aus, aber man geht davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
<p>...und konnte mehr Jungtiere großziehen.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig.</p> <p>In deiner Antwort sagst du, dass der Gepard mehr Jungtiere großziehen konnte.</p> <p>Wichtig ist, dass diese Jungtiere von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens geerbt haben.</p>
<p>...und gab seine Fähigkeiten an seine Nachkommen weiter, die dann ebenfalls schneller waren.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig.</p> <p>In deiner Antwort sagst du, dass der Gepard seine Fähigkeiten weitergegeben hat.</p> <p>Wichtig ist, dass die Nachkommen von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens von ihren Eltern nicht einfach weitergegeben, sondern vererbt bekommen haben.</p>

<p>...und trainierte seine Jungtiere, die dadurch ebenfalls schneller waren.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. In deiner Antwort sagst du, dass der Gepard seine Jungtiere trainiert. Geparde trainieren nicht. Einige Geparde werden durch zufällige genetische Mutationen (Veränderungen) schneller und dadurch, dass die Veränderung in den Genen, also dem Erbgut stattfindet, wird diese Fähigkeit auch an die Nachkommen weitervererbt.</p>
<p>...und vererbte diese Fähigkeit (schnelles Laufen) an seine Nachkommen.</p>	<p>Diese Antwort ist fast richtig. Dadurch, dass die Veränderung in den Genen, also dem Erbgut stattfindet, wird diese Fähigkeit auch an die Nachkommen weitervererbt. Das ist richtig, aber du gehst hier von einem Gepard aus. Man geht aber davon aus, dass es eine Gruppe gewesen sein muss.</p>
<p>...und hatte genug zu fressen.</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. In deiner Antwort sagst du, dass der Gepard genug zu fressen hat. Wichtig ist, dass sie durch ihre besseren Überlebenschancen auch mehr Jungtiere großziehen konnten und diese Jungtiere haben von ihren Eltern die Fähigkeit des schnellen Laufens geerbt.</p>
<p>...schneller,...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig, aber nicht ganz vollständig. Du sagst, dass die Geparde schneller geworden sind. Außerdem ist wichtig, dass die Geparde schneller waren als andere. Somit konnten sie gegenüber anderen mehr Beute fangen, dadurch länger überleben und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
<p>...schneller als andere,...</p>	<p>Diese Antwort ist richtig. Die Geparde waren schneller als andere und konnten sich somit gegenüber den anderen durchsetzen, in dem sie mehr Beute fingen, dadurch länger überlebten und sich deshalb besser fortpflanzen und ihr Merkmal vererben.</p>
<p>...damit er besser überleben konnte...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass der Gepard schneller geworden ist, um besser überleben zu können. Das Problem dabei ist, dass kein Lebewesen selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde haben also bessere Überlebenschancen, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>

<p>...damit er mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung hatte...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass der Gepard schneller geworden ist, um mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung zu haben. Das Problem ist, dass kein selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde haben also mehr Erfolg bei Jagd und Fortpflanzung, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>
<p>...damit er besseren Jagderfolg hatte...</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Hier beschreibst du, dass der Gepard schneller geworden ist, um mehr Erfolg bei der Jagd zu haben. Das Problem ist, dass kein Lebewesen selbst entscheiden kann, dass es schneller wird. Es ist ein Prozess, der auf zufälligen Ereignissen und genetischen Mutationen (Veränderungen) basiert. Die Geparde haben also mehr Erfolg bei der Jagd, weil sie zufällig schneller geworden sind.</p>
<p>...und diese Fähigkeiten an seine Nachkommen vererben konnte.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Du gehst davon aus, dass der Geparde seine Fähigkeiten an seine Nachkommen vererben konnte, weil er durch einen bestimmten Grund entschieden hat schneller zu werden, um somit besser zu sein. Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind und konnten dies an ihre Nachkommen vererben. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.</p>
<p>...und seine Jungtiere trainieren konnte, die dadurch schneller waren.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Du gehst davon aus, dass der Gepard seine Jungtiere trainieren konnte, weil er durch einen bestimmten Grund entschieden hat schneller zu werden, um somit besser zu sein. Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess. Zudem gehst du davon aus, dass er trainiert. Geparde trainieren nicht.</p>
<p>...und genug zu fressen hatte.</p>	<p>Diese Antwort ist falsch. Du gehst davon aus, dass der Geparde genug zu fressen hat, weil er durch einen bestimmten Grund entschieden hat schneller zu werden, um somit besser zu sein. Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.),</p>

	weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.
...und mehr Jungtiere großziehen konnte.	Diese Antwort ist falsch. Du gehst davon aus, dass der Gepard mehr Jungtiere großziehen konnte, weil er durch einen bestimmten Grund entschieden hat schneller zu werden, um somit besser zu sein. Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.
...und seine Fähigkeiten an seine Nachkommen weitergeben konnte, so dass diese auch schneller waren.	Diese Antwort ist falsch. Du gehst davon aus, dass der Gepard seine Fähigkeiten an seine Nachkommen weitergeben konnte, weil er durch einen bestimmten Grund entschieden hat schneller zu werden, um somit besser zu sein. Aber es ist genau umgekehrt. Die Geparde hatten mehr Erfolg (Jagd, Fortpflanzung etc.), weil sie schneller geworden sind und konnten dies an ihre Nachkommen vererben. Es ist also ein zufälliger und kein bewusster Prozess.

11.7 Feedback Kaktus

Dieser Anhang befindet sich auf dem beiliegenden Datenträger.

11.8 Feedback Ente

Dieser Anhang befindet sich auf dem beiliegenden Datenträger.

11.9 Feedback Brombeere

Dieser Anhang befindet sich auf dem beiliegenden Datenträger.

11.10 Filmskript Gepard

Evolution - Wie funktioniert das eigentlich?

Hast du dich eigentlich auch schon einmal gefragt, was das ist, Evolution und wie das genau funktioniert? Das ist gar nicht schwer! Wir wollen diese Frage jetzt zusammen am Beispiel der Evolution der Geparde beantworten. Aber dabei bist du nicht alleine.

Tom: Hallo zusammen, ich bin Tom. Ich will auch gerne wissen was das ist – Evolution- und darum werde ich dich heute begleiten!

Wie du sicherlich schon weißt, kann der Gepard bei seiner Jagd im Lauf eine Geschwindigkeit von bis zu 96 km/h erreichen, darum ist er das schnellste heute lebende Landtier der Welt. Zum Vergleich: der schnellste Mensch der Welt erreicht dagegen nur eine Geschwindigkeit von etwa 38 km/h. Doch wie genau konnte der Gepard zum schnellsten Läufer der Welt werden, wenn doch seine Vorfahren früher nicht so schnell laufen konnten? Die Antwort hierauf gibt uns die Evolution! Um die Evolution zu verstehen, schauen wir uns die Tierart der Geparde genauer an.

Tom: Halt Stopp! Ich habe mal eine Frage: Was bedeutet das eigentlich, eine Art?

Also eine Art ist eine Gruppe von Individuen, in unserem Fall Geparden, die miteinander Nachkommen bekommen können, die selbst auch wieder Nachkommen bekommen können.

Tom: Aha, so ist das also! Und wie ist das dann, wenn mehrere Tiere einer Art zusammen in einer Gruppe leben?

Gut, dass du fragst, Tom! Wenn mehrere Tiere einer Art in einem bestimmten Gebiet leben und miteinander Nachkommen bekommen können, dann heißt das eine Population.

Tom: Achso! Also zum Beispiel die Geparde, die in einem Teil der Savanne in Afrika leben?

Ja genau, wir betrachten jetzt also eine Population von Geparden und ihre Evolution. Was uns dabei auffällt sind drei wichtige Dinge, die auch schon schlaue Biologen, wie der berühmte Charles Darwin schon herausgefunden haben. Um die Evolution zu verstehen, müssen wir diese Fakten kennen.

1. Unsere Geparde, aber auch alle anderen Tiere, Pflanzen und Menschen erzeugen mehr Nachkommen als nötig sind, damit ihre Art überlebt. Theoretisch würden jeweils ein Männchen und ein Weibchen genügen, damit die Geparde überleben. Es werden jedoch mehr Tiere geboren als nur zwei, damit sich die Überlebenschancen einer Art erhöhen.
2. Weil aber so viele Tiere geboren werden, stehen die Geparde in einem dauernden Wettkampf zueinander, weil nicht genügend für alle da ist. Das kann beispielsweise ein Kampf um Futter, den Geschlechtspartner oder den Lebensraum sein. Bestimmt kennst du das auch, wenn du zum Beispiel mit deinen Geschwistern oder Mitschülern um Dinge streitest.
3. Die dritte wichtige Tatsache ist, dass sich alle Tiere voneinander und auch von ihren Eltern und Geschwistern unterscheiden. Jedes Lebewesen ist darum einzigartig auf der Welt und gleicht keinem anderen. Das liegt an der Vererbung.

Tom: Okay und was ist Vererbung genau?

Vererbung bedeutet die Weitergabe von eigenen Eigenschaften durch Erbinformationen an die Nachkommen. Jeder von uns hat unterschiedliche Erbinformationen, die in unseren Zellen liegen. Darum sehen wir unterschiedlich aus und haben verschiedene Eigenschaften. Der Grund dafür ist, dass wir nicht alle die gleichen Eigenschaften unserer Eltern erben, sondern jeweils nur die Hälfte von der Mutter und die Hälfte vom Vater. Welche Eigenschaften das aber genau sind, ist zufällig. Mit

Sicherheit kennst du das von dir selbst: Vielleicht hast du ja sogar die gleiche Haarfarbe wie dein Vater, aber dafür eher die Augenfarbe deiner Mutter.

Tom: Ja stimmt, jetzt fällt es mir auf!

Super Tom! Aber neben der zufälligen Verteilung der Erbinformation durch Mutter und Vater können deine Merkmale noch anders beeinflusst werden, nämlich durch Mutationen.

Tom: Was ist denn das?

Mutationen sind zufällige Veränderungen der Struktur deiner Erbinformationen, die viele Auswirkungen haben können. Die können zum Beispiel schlecht sein, wenn sie Krankheiten verursachen, aber auch neutral oder sogar positiv. Es gibt viele Gründe für Mutationen, zum Beispiel Strahlung oder chemische Substanzen.

Tom: Soso, also sind die Mutationen und die Vererbung von unterschiedlichen Eigenschaften meiner Eltern der Grund dafür, warum ich so einzigartig bin.

Da hast du Recht Tom! Aber kommen wir nun wieder zurück zu unseren Geparden. In unserer Gepardenpopulation unterscheiden sich alle Tiere, voneinander. Es gibt beispielsweise Tiere die kleiner oder dicker sind als andere, Tiere die anders gefärbt sind, oder Tiere, die längere Beine haben als andere. Nehmen wir mal an, die Tiere, die längere Beine haben können auch schneller laufen als die anderen. Die Geparde, die also schneller laufen können, sind auch erfolgreicher bei der Jagd, weil sie öfter Beute fangen.

Tom: Klingt richtig!

Andere Tiere, die aber nicht so schnell laufen können, sind weniger erfolgreich bei der Jagd, müssen vielleicht sogar verhungern und sterben am Ende. Du siehst, die Geparde, die dagegen die Eigenschaft der längeren Beine haben, überleben und können dieses Merkmal wieder an ihre Nachkommen weitervererben. Sie sind darum besser an ihre speziellen Lebensumstände angepasst als andere. Deshalb sind die einzelnen Tiere einer Population auch unterschiedlich erfolgreich in ihrem Überlebenskampf, also dem Wettkampf um Nahrung und so weiter.

Tom: Denn jeder ist einzigartig - auch die Geparde.

Genau, und wir wissen ja schon: Die Vorfahren die heutigen Geparde waren damals durchschnittlich langsamer als die heute lebenden. Irgendwann gab es dann aber einige Tiere, die durch eine zufällige Mutation oder die zufällige Vererbung von Eigenschaften der Eltern schneller waren als andere, weil sie etwa längere Beine hatten. Da sie darum besser an die Lebensumstände angepasst waren, waren sie erfolgreicher bei der Jagd, pflanzten sich öfter fort und vererbten ihre Eigenschaft schnell zu laufen an ihre Kinder. Deshalb sind die heutigen Geparde heute durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren.

Tom: Wow! Also kann man sagen, die Natur ist wie ein Sieb. Nur die Tiere, die gut an ihre Lebenssituation angepasst sind können überleben, also ihre Erbinformationen an nachfolgende Generationen weitergeben. Sie dürfen also im Sieb bleiben. Und alle anderen Tiere, die weniger gut an das Leben angepasst sind, müssen sterben und vererben ihre Merkmale nicht an ihre Nachkommen weiter. Sie werden also von der Natur sozusagen „ausgesiebt“?

Super, jetzt hast du es verstanden! Evolution heißt also nichts Anderes als dass sich die Erbinformationen, die in einer gesamten Population sind, verändern. Dabei ist jedes Individuum einzigartig und somit unterschiedlich gut an das Leben angepasst. Evolution passiert aber immer

über mehrere Generationen hinweg und über lange Zeiträume. Die Tiere können Evolution auch nicht planen, da sie wie gesagt von zufälligen Faktoren, wie der Mutation und der Vererbung abhängt.

Tom: Das macht Sinn! Vielen Dank, jetzt habe ich es verstanden! Das war ja eigentlich ganz einfach

So sieht's aus Tom. Evolution passiert heute übrigens immer noch genauso, wie vor Milliarden von Jahren, auch wenn es uns oftmals schwerfällt, diese Veränderung zu erkennen. Der Grund hierfür ist, dass wir dafür längere Zeiträume betrachten müssen, als wir selbst direkt miterleben können. Das ist oft schwer. Aber du weißt jetzt, dass Evolution existiert, und wie sie funktioniert. Evolution steht niemals still und der schnellere Gepard ist der beste Beweis hierfür!

Tom: Na dann ist ja alles klar! Macht's gut und bis zum nächsten Mal!

11.11 Filmskripte Kaktus

Evolution der Kakteen (erste Version)

Die Evolution der Kakteen: Wie alle Pflanzen brauchen auch Kakteen Wasser zum Leben. Kakteen wachsen allerdings häufig an Orten, an denen es sehr heiß ist und verbrauchen das Wasser, das ihnen zur Verfügung steht, recht schnell. Ohne Wasser können auch Kakteen nicht lange überleben. Sie trocknen langsam aus und sterben.

Durch zufällige Mutationen, also Veränderungen im Erbgut, konnten manche Kakteen mehr Wasser speichern als andere. Dadurch sind sie nicht vertrocknet.

Sie konnten sich erfolgreich fortpflanzen und vererbten diese Fähigkeit – mehr Wasser speichern zu können – auch an ihre Nachkommen.

Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen. Die Eigenschaft an heißen Orten mehr Wasser speichern zu können als andere Pflanzen brachte den Kakteen einen evolutiven Vorteil und deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen.

Evolution der Kakteen (zweite Version)

Evolution – Wie funktioniert das eigentlich?

Auf unserem gemeinsamen Weg auf den Spuren der Evolution wollen wir nun ein Beispiel aus der Pflanzenwelt betrachten. Dafür schauen wir uns heute die Evolution der Kakteen an.

Doch zunächst einmal eine Situation die jeder von euch kennt. Wenn es im Sommer sehr heiß ist und die Sonne stark scheint, schwitzt ihr. Und irgendwann bekommt ihr Durst und müsst dringend etwas trinken. Doch was, wenn nichts zu trinken in eurer Nähe ist?

Eine solche Situation könnt ihr euch für den Lebensraum der Kakteen vorstellen, denn diese leben oft in wasserarmen Regionen, wie zum Beispiel Wüsten, in denen das zum Überleben so wichtige Wasser nicht immer zur Verfügung steht. Dazu kommt, dass es, besonders tagsüber, sehr warm werden kann. Ohne ausreichend Wasser können aber auch Kakteen nicht überleben. Sie trocknen langsam aus und sterben.

Doch wie schaffen es Kakteen dann an solchen Orten zu überleben?

Wie ihr ja bereits gelernt habt, ist jedes Lebewesen einzigartig. Das heißt, dass jede Pflanze einen einzigartigen Mix an Eigenschaften hat, welcher in ihrer Erbinformation gespeichert ist. Aber wie kommt dieser Mix noch einmal zustande? Achja! Durch die zufällige Vererbung von Eigenschaften der Eltern und durch Mutationen, also die zufällige Veränderung der Struktur der Erbinformation.

Und was bedeutet das jetzt für unsere Kakteen?

In der Kakteenpopulation unterscheiden sich, aufgrund ihres einzigartigen Mixes, alle Kakteen in einigen Eigenschaften voneinander. Einige dieser Unterschiede sind leicht zu sehen, wie zum Beispiel die Größe oder unterschiedliche Farben, es gibt aber Unterschiede die nicht auf den ersten Blick auffallen. Und so kam es, dass durch zufällige Mutationen und die zufällige Vererbung von Eigenschaften, einige Kakteen der Population die Eigenschaft hatten, mehr Wasser speichern zu können als andere. Durch diese Eigenschaft hatten sie einen Vorteil gegenüber den anderen Kakteen der Population. Wie die Geparde mit den längeren Beinen, waren auch sie besser an ihren Lebensraum angepasst. In Lebensphasen mit wenig oder keinem Wasser vertrockneten sie im Gegensatz zu ihren Artgenossen seltener. Sie hatten höhere Überlebenschancen, wurden also nicht ausgesiebt. Somit konnten sich erfolgreich fortpflanzen und so die Eigenschaft, mehr Wasser speichern zu können, an ihre Nachkommen der folgenden Generation weitergeben.

Und deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen.

Wir erinnern uns daran, dass die Kakteen, genau wie auch die Geparden diese Entwicklung jedoch nicht planen oder gezielt hervorgerufen konnten, sondern, dass diese nur durch Zufälle ermöglicht wurde und über viele Generationen und somit über einen sehr langen Zeitraum stattgefunden hat.

11.12 Filmskript Ente

Evolution- wie funktioniert das eigentlich?

Willkommen zurück auf unserem gemeinsamen Weg auf den Spuren der Evolution. Wir wollen jetzt noch einmal an einem anderen Beispiel zusammenfassen, wie Evolution funktioniert. Dafür schauen wir uns nun die Evolution der Enten an. Wie beim letzten Mal ist auch Tom wieder dabei:

Tom: Hallo, nett dich wiederzusehen. Lass uns doch heute mal zusammen herausfinden, wie sich die Enten im Laufe der Zeit zu unserer heutigen Ente entwickeln konnten.

Okay, dann geht's jetzt los! Tom, kannst du uns das nochmal erklären- wie war das mit den Lebewesen und ihrer Einzigartigkeit?

Tom: Ja warte mal... also wir haben herausgefunden, dass jedes Lebewesen auf der Welt einzigartig ist. Das liegt daran, dass auch seine Erbinformationen einzigartig sind und die liegen in unseren Zellen.

Richtig Tom, gut aufgepasst! Jedes Lebewesen hat einzigartige Erbinformationen. Dafür gibt es zwei Gründe:

Zuerst die zufällige Vererbung von Eigenschaften durch die Eltern. Wie wir ja schon wissen, erhält jeder Nachkomme jeweils die Hälfte seiner Merkmale von der Mutter und die andere Hälfte vom Vater. Welche Merkmale das genau sind, ist zufällig.

Tom: Eine gute Mischung eben!

Stimmt genau! Der zweite Grund für die Einzigartigkeit war die Mutation. Erinnerst du dich noch, Tom?

Tom: Na klar! Mutation, das ist die zufällige Veränderung in der Struktur der Erbinformation. Zum Beispiel durch chemische Substanzen oder Strahlung.

Richtig, soweit so gut. Beziehen wir das ganze nochmal auf die Evolution unserer Ente: Du musst wissen, die Vorfahren unserer heutigen Enten waren reine Landtiere. Sie lebten und fraßen an Land, bauten sich dort ihre Nester und zogen dort ihre Küken groß. Das hatte einen bestimmten Grund. Diese Vorfahren sahen noch anders aus als die Enten, die wir heute kennen. Sie hatten noch keine Schwimmhäute.

Tom: Wirklich? Das ist aber eine komische Vorstellung.

Das stimmt, aber so war es. Die Enten damals hatten noch so ähnliche Füße, wie wir sie heute noch von anderen Vögeln kennen - nur eben ohne Schwimmhäute. Irgendwann geschah es allerdings, dass einige Enten Füße hatten, an denen Ansätze von Schwimmhäuten wuchsen. Die Gründe hierfür waren.

Tom: Wieder die Mutation und die zufällige Vererbung von Eigenschaften der Eltern.

Ganz genau. Aber das besondere an diesen Schwimmhäuten war, dass die Enten auf einmal mit ihnen in einem neuen Lebensraum wohnen konnten- nämlich dem Wasser. Der große Vorteil dabei war, dass die Enten sich dort besser vor ihren Feinden schützen konnten, zusätzliches Futter fanden und auch ihre Jungen dort aufziehen konnten. An diese vererbten sie nämlich auch die Schwimmhäute weiter.

Tom: Aha, also hatten die Enten mit dem neuen Merkmal „Schwimmhäute“ bessere Überlebenschancen als die Enten ohne die Schwimmhäute?

So ist es. Der Zufall hat diesen Enten also einen Vorteil im Wettbewerb um zum Beispiel Futter und Lebensräume verschafft. Und wie wir ja schon wissen, konkurrieren die Mitglieder einer Population ja genau um diese Dinge.

Tom: Stimmt, eine Population war eine Gruppe von Tieren der gleichen Art, die miteinander Nachkommen bekommen können und im gleichen Gebiet leben. Und der Wettkampf entsteht dann, weil jede Population einen Überschuss an Nachkommen zur Welt bringt.

So ist es. Unsere Enten hatten dann bessere Überlebenschancen und vererbten ihre Schwimmhäute an ihre Nachkommen weiter. Diese Entwicklung, also die Evolution, hat natürlich auch wieder über längere Zeiträume gedauert- über längere Zeiträume als wir selbst miterleben können. Wie immer, konnten die Enten diese Entwicklung aber nicht bewusst steuern oder planen, die sie erst durch Zufälle ermöglicht wurde. Aber das wissen wir ja schon. Und so ist das gewesen mit der Ente und der Evolution.

Tom: Das macht Sinn. Toll, damit haben wir die Evolution ja wieder ganz einfach erklärt! Noch ein Beispiel dafür, dass Evolution niemals stillsteht. Ich glaube, ich gehe gleich mal in den Park und schau mir ein paar Enten an... Macht's gut und bis bald mal!

11.13 Filmskripte Brombeere

Evolution der Brombeere (erste Version)

Die Evolution der Brombeere: Wie alle anderen Pflanzen benötigt auch die Brombeere Licht zum Überleben. Mit Hilfe des Lichts sind Pflanzen in der Lage, Photosynthese zu betreiben und auf diesem Weg können sie wichtige Nährstoffe, beispielsweise Zucker produzieren. Auch um dieses wichtige Licht konkurrieren die Pflanzen. Manche wachsen höher als andere und nehmen den kleinen somit das Licht zu großen Teilen weg. Einige Vorfahren der Brombeerpflanzen bekamen durch eine zufällige Mutation Stacheln. Mit Hilfe dieser Stacheln sind sie in der Lage, an anderen Pflanzen, Felsen, Zäunen oder Ähnlichem hochzuklettern. An ihren neuen Plätzen bekommen sie dann genug Licht, ohne dass ihnen andere Pflanzen im Weg stehen. Die stacheligen Vorfahren der Brombeerpflanzen konnten sich erfolgreich fortpflanzen und vererbten auch die Stacheln an ihre Nachkommen. Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen. Deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen.

Evolution der Brombeere (zweite Version)

Evolution – Wie funktioniert das eigentlich?

Auf unserem gemeinsamen Weg auf den Spuren der Evolution wollen wir nun ein weiteres Beispiel aus der Pflanzenwelt betrachten. Dafür schauen wir uns heute die Evolution der Brombeere an.

Wie alle Pflanzen brauchen auch Brombeerpflanzen Licht um zu überleben. Wie ihr wahrscheinlich bereits wisst, sind Pflanzen auf das Licht angewiesen um Photosynthese betreiben zu können. Denn bei der Photosynthese stellen die Pflanzen mit Hilfe des Lichtes wichtige Nährstoffe wie zum Beispiel Zucker her. Und diese brauchen sie zu wachsen und zum Überleben.

Um das so wichtige Licht konkurrieren alle Pflanzen an einem Standort miteinander. So nehmen zum Beispiel große Pflanzen den kleinen Pflanzen am Boden schon eine Menge Licht weg. Ihr kennt das sicherlich, wenn ihr an einem Sommertag in den Wald geht. Außerhalb des Waldes ist es sehr warm und die Sonne scheint direkt auf euch herab. Aber im Wald ist es durch die großen Bäume kühler und dunkler. Das kommt dadurch, dass diese schon einen Großteil des Lichtes abfangen, sodass zu euch und zu den Pflanzen am Boden weniger Licht durchdringt. Bekommt eine Pflanze über einen längeren Zeitraum jedoch nicht genug Licht, kann sie nicht mehr genug Nährstoffe produzieren und stirbt irgendwann.

Doch was hat das jetzt mit unserer Brombeerpflanze zu tun?

Wir erinnern uns noch einmal daran, dass jedes Lebewesen, also auch die Brombeerpflanze einen einzigartigen Mix an Eigenschaften hat. Dieser entsteht durch die zufällige Vererbung von Eigenschaften der Eltern und durch Mutationen, also die zufällige Veränderung der Struktur der Erbinformation.

Das bedeutet, dass sich auch die Vorfahren der Brombeerpflanzen schon voneinander unterschieden. Im Gegensatz zu den Brombeerpflanzen die wir heute kennen hatten diese jedoch noch keine Stacheln.

Doch wie kommt es nun, dass unsere heutigen Brombeerenpflanzen alle Stacheln haben?

Unter den Vorfahren gab es durch zufällige Mutationen einige Pflanzen die Stacheln hatten. Diese Pflanzen konnten nun mit Hilfe der Stacheln an anderen Pflanzen, Felsen, Zäunen oder anderen Gegenständen hochklettern. Und das hatte einen großen Vorteil. Diese Pflanzen waren nun höher und kamen somit an mehr Licht als ihre Artgenossen. Dadurch, dass sie an mehr Licht kamen, konnten sie auch mehr Photosynthese betreiben, also mehr Nährstoffe produzieren und hatten dadurch höhere Überlebenschancen als ihre Artgenossen. Wie die Kakteen die mehr Wasser speichern können waren

sie besser an ihren Lebensraum angepasst. Sie überlebten häufiger als ihre Artgenossen, wurden also nicht ausgesiebt. Somit konnten sie sich erfolgreich fortpflanzen und so die Eigenschaft, Stacheln zu bilden mit denen man klettern kann, an ihre Nachkommen der folgenden Generation weitergeben.

Und deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen.

Doch genau wie bei den Enten, den Geparden oder den Kakteen konnten auch die Brombeerpflanzen diese Entwicklung nicht planen oder gezielt hervorgerufen. Sie wurde nur durch Zufälle ermöglicht und fand über viele Generationen und somit über einen sehr langen Zeitraum statt.

11.14 Interviewleitfaden

<p>Du hast ja jetzt lange Zeit am PC gesessen und alles gut bearbeitet. Mir hat es gefallen, dass du alles laut ausgesprochen hast.</p> <p>Was sagst du denn spontan zu der Software?</p>
<p>Was würdest du deinen Mitschülern über die Software sagen?</p>
<p>Was sind aus deiner Sicht Stärken und Schwächen der Software?</p>
<p>Beschreib doch mal die Schwierigkeiten, die du mit der Software hattest.</p>
<p>Was hast du gelernt, was du vorher nicht wusstest?</p>
<p><i>Zeit für mögliche Fragen, die sich aus Beobachtung ergeben:</i></p> <p>Ich habe gemerkt, dass du bei ... gestockt hast. Was hast du da nicht verstanden? Welche Schwierigkeiten hattest du dort?</p>
<p>An welchen Stellen hast du manches nicht verstanden?</p>
<p>Was würdest du an der Gestaltung der Software ändern?</p>
<p>In welchen Momenten hast du Gefühle wie Freude erlebt?</p>
<p>Wann hast du bei der Bedienung Schwierigkeiten gehabt?</p>
<p>Hast du noch Fragen an mich?</p>
<p>Dann möchte ich dich noch bitten, nicht mit deinen Mitschülern über Inhalte der Software zu sprechen, dass ich ganz wichtig für mich, damit niemand vorher weiß, was hier passiert.</p>
<p>Was machst du heute noch?</p>
<p>Ich danke dir für deine Unterstützung bei deinem Projekt und wünsche dir noch einen schönen Tag.</p>

11.15 Bild afrikanischer Elefant



Abbildung 15: African Elephant (*Loxodonta africana*) bull (32703016604).jpg. Aus Wikimedia Commons, dem freien Medienarchiv. Urheber: Bernhard Dupont

11.16 Bild Moeritherium

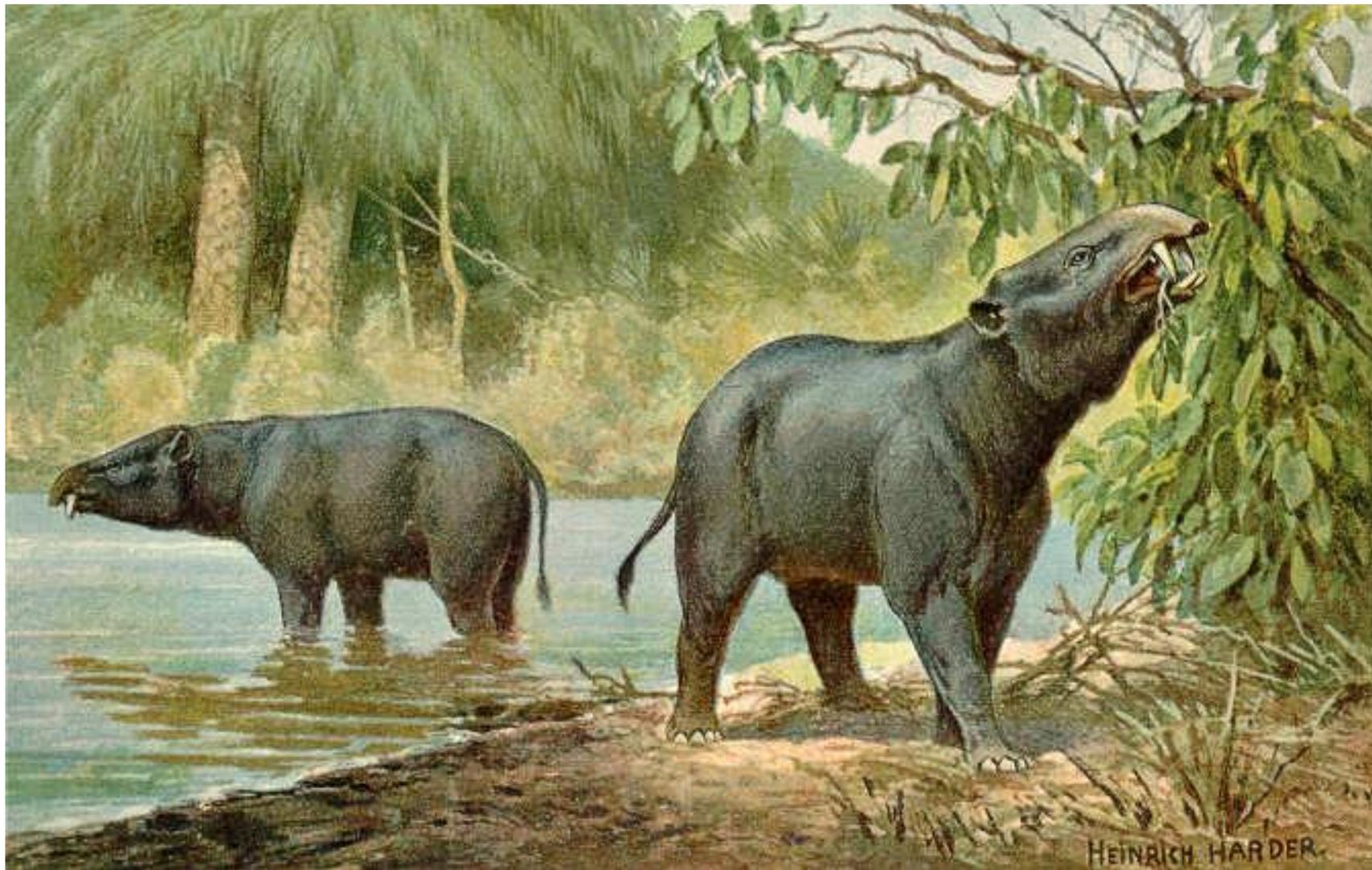


Abbildung 16: Moeritherium.jpg. Darstellung von Heinrich Harder (1912). Aus Wikimedia Commons, dem freien Medienarchiv.

11.17 Bausteinwahl und Begründung der Schülerinnen und Schüler

11.17.1 Schülerin 1

Schülerin 1 – Frage 1 – Gepard

Kategorie	Gewählter Satzbaustein	Begründung der SuS	Kategorie der Begründung
Entwicklungsebene	Einige Geparde	[...] Also, bei der ersten Spalte schaue ich jetzt erst mal, was für ein Satzanfang passen würde und auch Sinn ergeben würde. Ich denke mal: Einige Geparde [...]	Keine Begründung Vermutung
Gründe und Auslöser der Anpassung	merkten, dass ihre Beutetiere schneller geworden waren und wurden deshalb	[...] Die Entwicklung hat ja immer etwas damit zu tun, dass die sich anpassen. Also denke ich mal, dass sie merkten, dass ihre Beute schneller geworden war. [...]	Begründung Inhaltlich Falsch Aktive Anpassung
Merkmal	schneller,	(keine Begründung abgegeben)	Keine Begründung Ohne Aussage
Angepasstheit I	damit sie besser überleben konnten	[...] Mit der Fortpflanzung hat das jetzt, denke ich mal, gar nichts zu tun. Das hat jetzt etwas mit Jagderfolg zu tun, denke ich mal. Der Jagderfolg sichert das Überleben. [...] [Satzbaustein geändert] [...] Dann aus dem vierten Block, da würde auch ein anderes ziemlich gut passen. Ich lese mir das noch einmal durch. [...] Dann mache ich das jetzt noch einmal anders; mache ich jetzt: schneller, dass sie besser überleben konnten [...]	Keine Begründung Vermutung Keine Begründung Vermutung
Angepasstheit II	und ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, so dass auch diese schneller waren.	[...] und ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergeben konnten, passt, denke ich, ganz gut, aber um diese Fähigkeiten an ihre Nachkommen vererben konnten, würde auch gehen. Ich klicke jetzt einfach mal die letzte Möglichkeit an. [...]	Keine Begründung Vermutung Unwissenheit
Begründung der Anpassung	Deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren.	[...] Hier passt am besten, denke ich: deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren [...]	Keine Begründung Vermutung
Zeitliche Dimension	Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.	[...] und im letzten Block geht es um die Entwicklung. Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines	Keine Begründung Vermutung

		<i>Individuums. Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen, ich denke mal, das letzte passt ziemlich gut. [...]</i>	

Schülerin 1 – Frage 2 – Kaktus

Kategorie	Gewählter Satzbaustein	Begründung der SuS	Kategorie der Begründung
Entwicklungsebene	Einige Vorfahren der Kakteen	<i>[...] In dem Video wurde ja gezeigt, dass das mit der Evolution zufällig ist, deswegen denke ich mal: einige Vorfahren der Kakteen. Das ist ein guter Satzanfang. [...]</i>	Begründung Inhaltlich richtig Video
Gründe und Auslöser der Anpassung	konnten durch eine zufällige Mutation	<i>[...] Das mit „merkten“ geht nicht, weil die das ja nicht selbst entscheiden konnten. Entweder „konnten durch eine zufällige Mutation“ oder „konnten zufällig“. Ich denke mal „konnten durch eine zufällige Mutation“, weil, wenn quasi die Vorfahren der Kakteen das nicht konnten, dann kann es ja nicht vererbt worden sein. [...]</i>	Begründung Inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung
Merkmal	mehr Wasser speichern als andere.	<i>[...] und da das ja nicht alle waren, denke ich, „mehr Wasser speichern als andere“ ist ein guter Satzteil. [...]</i>	Begründung Inhaltlich richtig Bezug zu Satzbausteinen
Angepasstheit I	Dadurch sind sie nicht vertrocknet und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen	<i>[...] Jetzt sind zwei Satzteile in meine engere Auswahl gekommen: „dadurch hatten sie einen Vorteil gegenüber anderen“ und „dadurch sind sie nicht vertrocknet und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen“. Ich sage jetzt einfach mal das Zweite, weil das das noch ein bisschen genauer erklärt. [...]</i>	Begründung Strukturell Detailreicher
Angepasstheit II	und sie vererbten diese Fähigkeit an ihre Nachkommen.	<i>[...] „Und sie brachten ihren Nachkommen bei, Wasser zu speichern“ geht überhaupt gar nicht, das wurde ja in dem Video auch gezeigt. „Und sie hatten genug Wasser“, das wäre ja dann schon das Ende. Am besten dazu passt: „und sie vererbten diese Fähigkeiten an ihre Nachkommen“, weil Evolution ja immer weitergeht und nicht aufhört. Sonst würde das ja auch überhaupt gar nichts bringen. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) Inhaltlich richtig Video (2) Strukturell Satzende (3) inhaltlich

			Teilweise Korrekt Wiss. Korrekt + Zielgerichtet
Begründung der Anpassung	Deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen.	<i>[...] Aus dem nächsten Block passt eigentlich nur das Erste: „Deshalb gibt es heute wasserspeichernde Kakteen.“, weil „Die heutigen Kakteen können Wasser speichern, da sie viel Wasser aufgesaugt haben.“, macht eigentlich vom Inhalt her gar keinen Sinn mehr und „Die heutigen Kakteen lernen von ihren Eltern Wasser zu speichern.“ kann auch überhaupt nicht sein. Dann klicke ich mal das erste an. [...]</i>	Keine Begründung Zustimmung
Zeitliche Dimension	Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.	<i>[...] Und das war beim letzten Mal auch richtig: „Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.“ Das geht ja nicht von gestern auf heute oder von heute auf morgen. Und das ist ja auch nicht, wie hier steht, nur im Leben von einem Kaktus passiert, also klicke ich das Ding mit den Generationen an. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) strukturell Zuvor Gelernt (2) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung
Kommentar zum Feedback		<i>[...] Ja, also eigentlich gibt das Feedback genau das wieder, was im Video gesagt wurde; also, dass Evolution Zufall ist und dass das nicht alle auf einmal waren und dass es dann immer wieder weitervererbt wird und dass das ja der Grund ist, dass es heute wasserspeichernde Kakteen gibt. Genauso wie bei den Geparden, die schneller sind. [...]</i>	

Schülerin 1 – Frage 3 – Ente

Kategorie	Gewählter Satzbaustein	Begründung der SuS	Kategorie der Begründung
Entwicklungsebene	Einige Vorfahren der Enten	<i>[...] Ok, die Sätze sind ja immer nach demselben Prinzip aufgebaut. Also denke ich mal „einige Vorfahren der Enten“ ist der richtige Satzanfang. Das waren ja auch nicht alle und auch nicht nur zwei, zumindest kann man das nicht nachweisen. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) strukturell Gleicher Satzaufbau (2) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung
Gründe und Auslöser der Anpassung	bekamen durch eine zufällige Mutation	<i>[...] „Merkten“ kann nicht sein, „waren öfter im Wasser und so entstanden“, könnte zwar sein, aber es wäre dann, wie als hätten sie es gelernt [...] Das einzige was wirklich passt, ist wieder „bekam durch eine zufällige Mutation“. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung (2) strukturell Gleicher Satzaufbau/ zuvor Gelerntes
Merkmal	Schwimmhäute.	<i>[...] Hier ist ja nur eins zur Auswahl, also Schwimmhäute. [...]</i>	Begründung Strukturell Einzige Auswahlmöglichkeit
Angepasstheit I	Dadurch konnten sie ihren Lebensraum erweitern und sich infolgedessen besser fortpflanzen	<i>[...] Aus dem nächsten Block, da geht es wieder um die Überlebenssicherung. Am besten erklärt wird das hier „dadurch konnten sie ihren Lebensraum erweitern und sich infolgedessen besser fortpflanzen“. Das ist quasi dasselbe wie das andere, nur zusammengefasst; also wie das, was in den anderen Satzteilen auch steht, die jetzt möglich wären. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) strukturell Gleicher Satzaufbau/ zuvor Gelerntes (2) strukturell Detailreicher
Angepasstheit II	und sie vererbten ihr Merkmal (Schwimmhäute) an ihre Nachkommen weiter.	<i>[...] Und das wird natürlich weitervererbt. "Und sie schickten ihre Nachkommen ins Wasser, sodass diese auch Schwimmhäute entwickelten" macht ziemlich wenig Sinn. "Und sie hatten genug zu fressen", das wäre quasi auch schon wie das Ende; " und sie könnten mehr Jungtiere großziehen" ist glaube ich auch nicht Sinn dieser Sache gewesen. Also klicke ich jetzt einfach an "und</i>	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung (2) strukturell Satzende

		<i>sie vererbten ihr Merkmal, also Schwimmhäute, an ihre Nachkommen weiter". [...]</i>	
Begründung der Anpassung	Deshalb haben Enten heute Schwimmhäute.	<i>[...] Beim nächsten Block gibt es wieder nur drei Auswahlmöglichkeiten. "die heutigen Enten lernen von den Eltern, Schwimmhäute zu bilden" passt nicht; das geht nicht. "deshalb schicken die heutigen Enten ihre Jungen immer ans Wasser" ist auch nicht wirklich jetzt eine Folge; "deshalb haben die Enten heute Schwimmhäute" passt vom Inhalt am besten. [...]</i>	Keine Begründung Zustimmung
Zeitliche Dimension	Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.	<i>[...] Und beim letzten Block gibt es auch nur drei Auswahlmöglichkeiten. Das ist wieder genau dasselbe wie bei den anderen Sätzen auch. "Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens eines Individuums" kann nicht sein, weil das ja bei mehreren war; das ist ja auch am Satzanfang schon festgelegt. "Diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren" stimmt auch nicht, weil so schnell geht das ja nicht. "Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen" ist das einzige, was passt. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung (2) strukturell Gleicher Satzaufbau (3) inhaltlich falsch Bezug zu Satzbausteinen
Kommentar zum Feedback		<i>[...] Das ist ja fast genau dasselbe, wie im Satz vorher, nur halt mit Enten. Ja, das Feedback ist eigentlich genau dasselbe. [...]</i>	

Schülerin 1 – Frage 4 – Brombeere

Kategorie	Gewählter Satzbaustein	Begründung der SuS	Kategorie der Begründung
Entwicklungsebene	Einige Vorfahren der Brombeerpflanze	<i>[...] So, das ist ja wieder genauso wie bei der Evolution der anderen Lebewesen. Es waren wieder einige Vorfahren. [...]</i>	Begründung Strukturell Zuvor gelerntes
Gründe und Auslöser der Anpassung	bekamen durch eine zufällige Mutation	<i>[...] die haben das nicht gemerkt oder selbständig diese Dornen ausgebildet, also denke ich mal, „bekamen durch eine zufällige Mutation“. [...]</i>	Begründung Inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung
Merkmal	mehr Stacheln zum Klettern als andere.	<i>[...] Wie bei den anderen Sätzen auch „mehr Stacheln zum Klettern als andere“. Wenn die früher auch schon an Hauswänden oder an allem möglichen hochgeklettert sind, dann haben die da ja auch schon Stacheln zum Festhalten gebraucht, also denke ich, dass sie mehr Stacheln zum Klettern bekamen als andere; nicht einfach nur Stacheln. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) strukturell Gleicher Satzaufbau (2) inhaltlich Falsch Zielgerichtet
Angepasstheit I	Dadurch hatten sie genug Licht und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen	<i>[...] Und dadurch hatten sie natürlich einen Vorteil; "durch das ständige Klettern konnten die Pflanzen immer mehr Stacheln bilden" macht wenig Sinn, weil das wird ja vererbt. "Dadurch konnten sie besser überleben" passt auch. "Dadurch konnten sie sich erfolgreicher fortpflanzen", "dadurch hatten sie genug Licht und konnten sich erfolgreicher fortpflanzen" ist ja noch mal alles zusammengefasst; also dass sie sich erfolgreicher fortpflanzen konnten, dass sie einen Vorteil hatten und auch besser überleben konnten. Also denke ich, das ist, dass dieser Satzteil richtig ist. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) strukturell Detailreicher (2) inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung
Angepasstheit II	und sie vererbten die Stacheln an ihre Nachkommen.	<i>[...] "Und sie konnten mehr Nachkommen bilden" ist ja klar, das ist ja durch den vorigen Satzteil auch schon festgelegt und "sie brachten Nachkommen bei, Stacheln herzustellen" macht überhaupt keinen Sinn; "und sie sind nicht gestorben" ist ja jetzt nicht wirklich eine Erklärung. "Und sie vererbten die Stacheln an ihre Nachkommen", das wäre ja dann genauso wie in den Sätzen vorher auch und die Evolution endet ja nicht einfach,</i>	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Richtig Bezug zu Satzbausteinen (2) inhaltlich Teilw. Richtig Wiss. Korrekt + Zielgerichtet

		<i>sondern es wird ja immer ein Teil der Gene weitervererbt und irgendwie muss das ja weitervererbt werden. [...]</i>	(3) strukturell Gleicher Satzaufbau/ zuvor Gelerntes
Begründung der Anpassung	Deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen.	<i>[...] "Die heutigen Brombeerpflanzen lernen von ihren Eltern, Stacheln herzustellen", das geht nicht. "Die heutigen Brombeerpflanzen können klettern, da sie viel Licht haben" - die können ja klettern, weil sie viele Stacheln haben; das ist also auch nicht wirklich sinnvoll. "Deshalb gibt es heute kletternde Brombeerpflanzen" passt am besten und irgendwie auch als Einziges. [...]</i>	Keine Begründung Zustimmung
Zeitliche Dimension	Diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen.	<i>[...] Und "diese Entwicklung vollzog sich in wenigen Jahren" kann nicht wirklich sein, weil eine Brombeerpflanze lebt ja auch mehrere Jahre und es ist ja nicht nur bei einer Brombeerpflanze so ausgebildet gewesen, wie es heute ist. "Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens einer Brombeerpflanze" kann auch nicht sein, weil es ja mehrere Brombeerpflanzen sind und am Anfang steht ja auch "einige Vorfahren der Brombeerpflanzen", also müssen es mehrere gewesen sein. Also geht nur: "diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen", wie bei den anderen Sätzen auch schon. Ich lese mir den Satz jetzt noch einmal durch. [...]</i>	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Falsch Bezug zu Satzbausteinen (2) strukturell Gleicher Satzaufbau
Kommentar zum Feedback		<i>[...] Das Feedback ist auch genau dasselbe wie schon vorher; dass es zufällig ist, dass es mehrere waren, man aber nicht genau sagen kann, wie viele, dass es aber auch nicht alle auf einmal waren; dann die Folgen und die besseren Überlebenschancen dadurch und die Vererbung. Es haben wieder nur die überlebt, die gut angepasst waren, weshalb es heute eigentlich nur noch kletternde Brombeerpflanzen gibt und dass sich das wieder über mehrere Generationen entwickelt hat. [...]</i>	

Die weiteren Tabellen zur Bausteinwahl und den Begründungen der Schülerinnen und Schüler 2-12 finden sich auf dem beiliegenden Datenträger.

11.18 Prä- und Posttest

11.18.1 Schülerin 4

Elefantenaufgabe Beginn – Schüler 4

Frage	Antwort	Kategorie der Begründung
Wie könntest du dir denn erklären, dass der Elefant, oder wie könntest du die Entwicklung des Rüssels erklären, dass der Elefant jetzt einen langen Rüssel hat? Das muss ja irgendwann einmal entstanden sein. Wie könntest du dir das erklären?	Evolution, Umstände, also Umwelt, dass das halt gebraucht wurde um z.B. an höher gelegene Nahrung zu kommen; was weiß ich.	Begründung Inhaltlich Teilweise richtig Begriffsnennung + Zielgerichtet Keine Begründung Unwissenheit
Dass es gebraucht wurde, das heißt, das war so ein aktiver Prozess? Oder wie kann man sich das vorstellen?	Dass es einfach durch die Evolution Stück für Stück gekommen ist, dass es notwendiger wurde.	Begründung Inhaltlich Teilweise richtig Begriffsnennung + Notwendigkeit

Elefantenaufgabe Ende – Schüler 4

Frage	Antwort	Kategorie der Begründung
Wie kannst du dir denn diese Entwicklung erklären?	Jetzt nach den Antwortmöglichkeiten würde ich wieder sagen, das ist eine zufällige genetische Mutation war. Auch mit der, wobei die Größe, ja, wenn man die Pflanzen vergleicht, sehen, sieht der Elefant auch größer aus ich kann mich aber auch täuschen, aber	Begründung Strukturell Zuvor Gelerntes
Aber bezieh dich ruhig erst mal auf den Rüssel. Ich mein, da sind ja einige einige Unterscheide, auch die Ohren sind ja größer geworden, ja und die Stoßzähne haben sich verändert, da ist ja alles Mögliche was sich da geändert hat auch auch die die dicke der Beine und	Ja das ist über die vielen Jahre alles dazu gekommen. Ich denke nicht, dass es, es war ja wahrscheinlich nicht direkt nach einer, nach ein paar Generationen alles da, sondern nach sehr viel mehr Generationen.	Begründung inhaltlich Richtig Wiss. Vorstellung

so was, das ist ja alles was sich da bisschen geändert hat.		
Das heißt ein sehr langer Zeitraum auf jeden Fall und eh du hast auch gesagt zufällige Mutationen ehm aber warum sollte sich überhaupt so ein Rüssel ändern? Ich mein, hätte ja auch so bleiben können. Wir hätten ja auch heute nur solche Elefanten haben können, oder?	Ja, ehm, ich könnte sagen es wäre Zufall, aber, ja, für den Lebensraum hat's für nen Paar Arten, vielleicht war's besser, aber, das hab ich ja auch nach den Fragen herausgefunden, das können sie ja nicht selbst entscheiden, da es zufällig ist ehm also hab ich darauf jetzt nicht direkt ne Antwort. Außer zu sagen, dass es Zufall gewesen sein könnte, oder das es Zufall war.	Mehrere Begründungen (1) inhaltlich Teilweise Richtig Wiss. Korrekt + Lebensbedingungen (2) strukturell Zuvor Gelerntes
Ok, gut. Ehm, durch zufällige Veränderungen können natürlich auch Vorteile entstehen, ne?	Ja, oder die Geparde schneller werden und alles.	Begründung Inhaltlich Richtig Transfer

Die weiteren Tabellen zum Prä- und Posttest der Schülerinnen und Schüler 2-12 finden sich auf dem beiliegenden Datenträger.

11.19 Kategoriensystem

Kategorie	Beschreibung	Ankeritems
Wissenschaftliche Vorstellung	<p>Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine wissenschaftliche Vorstellung.</p> <p>Die SuS schließen anhand von Fehlvorstellungen, die von ihnen als falsch angesehen werden, Satzbausteine aus.</p>	<p>„wenn quasi die Vorfahren der Kakteen das nicht konnten, dann kann es ja nicht vererbt worden sein.“ (Sn1, F2, SB2)</p> <p>„‘waren öfter im Wasser und so entstanden‘, könnte zwar sein, aber es wäre dann, wie als hätten sie es gelernt“ (Sn1, F3, SB2)</p>
Video	<p>Die SuS begründen ihre Auswahl auf Grundlage des gesehenen Filmes.</p>	<p>„dank des Films eben grade, weiß ich ja, dass es nicht funktioniert, dass die das selber merken und selber den Mechanismus einfach entwickeln“ (S6, F2, SB3)</p> <p>„Ich wähle jetzt aus ‚konnten durch eine zufällige Mutation‘, weil ich habe im Video gesehen, dass sich durch Mutation auch die Eigenschaften der Lebewesen verändern“ (S3, F2, SB2)</p>
Bezug zu anderen Satzbausteinen (Bir)	<p>Die SuS begründen ihre Auswahl durch Inhalte vorhergehender oder nachfolgender Satzbausteine und nutzen eine inhaltlich richtige Begründung.</p>	<p>„und somit denke ich mal, dass durch die Fortpflanzung sie das Merkmal, also die Schwimmhäute an ihre Nachkommen vererbt haben“ (Sn7, F3, SB5)</p> <p>„‘deshalb sind die heutigen Geparde durchschnittlich schneller als ihre Vorfahren‘, ja, weil die es halt weitervererbt gekriegt haben“ (S10, F1, SB6)</p>
Begriffsnennung	<p>Die SuS begründen ihre Auswahl durch einen korrekten Fachbegriff ohne den Zusammenhang näher zu erläutern.</p>	<p>„wegen der Evolution“ (S10, F2, SB1)</p> <p>„über viele Generationen vollzog sich dann diese Entwicklung [...], weil das ja bei der Evolution eigentlich immer so ist“ (Sn5, F3, SB7)</p>
Transfer	<p>Die SuS begründen ihre Auswahl, indem sie das vorliegende Beispiel auf andere Beispiele aus der Natur oder dem Alltag transferieren</p>	<p>„und das hat sich über mehrere Generationen vollzogen [...], weil das ansonsten viel zu schnell ginge [...], sonst könnte man ja</p>

	und somit einen Vergleich herstellen.	sehen, dass meine Eltern z.B. wesentlich anders wären als ich, so vom Können her etc.“ (S6, F1, SB7) „weil bei den Geparden haben die ihre Fähigkeiten auch an die anderen vererbt [...] und ich schätze jetzt auch, dass sie ihre Fähigkeiten an ihre Nachkommen weitergegeben haben, die Kakteen“ (S3, F2, SB5)
Wissenschaftliche Vorstellung + Fehlvorstellung	Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine Aussage in der die wissenschaftlich korrekte Sichtweise mit einer Fehlvorstellung verknüpft wird.	„Ich habe jetzt ‚einige Geparde‘ ausgewählt, da wahrscheinlich nicht alle Geparde die Laufgeschwindigkeit erhöhen, also dadurch schneller geworden sind, da sie das gemerkt haben, dass sie die Beute halt schneller erwischen müssen“ (S11, F1, SB1) „weil Evolution ja immer weitergeht und nicht aufhört, sonst würde das ja auch überhaupt gar nichts bringen.“ (Sn1, F2, SB5)
Nicht vollständig	Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine wissenschaftliche Teilvorstellung.	„‘diese Entwicklung vollzog sich über mehrere Generationen‘, weil es länger dauert“ (S4, F3, SB7) „‘dadurch konnten sie besser überleben‘, weil die dann ja was essen konnten“ (S10, F1, SB4)
Begriffsnennung + Fehlvorstellung	Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine Aussage in der ein korrekter Fachbegriff mit einer Fehlvorstellung verknüpft wird.	„Dass es einfach durch die Evolution Stück für Stück gekommen ist, dass es notwendiger wurde“ (S4, Prätest)
Aktive Anpassung	Die SuS begründen ihre Auswahl durch die aktive Anpassung von Lebewesen an die Umwelt.	„Die Entwicklung hat ja immer was damit zu tun, dass die sich anpassen“ (Sn1, F1, SB2) „Die Stacheln zum Klettern, um den Halt zu haben“ (S4, F4, SB3)
Zielgerichtet	Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine	„Ich dachte immer, die Stacheln sind, damit man sich

	zielgerichtete Anpassung von Lebewesen an ihre Umwelt.	daran pikst“ (S8, F4, Vorbemerkung) „und brauchten dann Stacheln zum Hochklettern, deswegen nehme ich ‚Stacheln zum Klettern‘“ (S11, F4, SB3)
Typologisch	Die SuS begründen ihre Auswahl durch eine gleichförmige Entwicklung aller Lebewesen einer Art.	„Also ‚alle Geparde‘, weil es sind ja jetzt auch alle so schnell“ (S10, F1, SB1) „ich nehme hier erst mal ‚alle Geparde‘, weil das ist ja so ein bisschen von der ganzen Art die Entwicklung“ (S8, F1, SB1)
Anthropomorph	Die SuS begründen ihre Auswahl, indem sie menschliche Eigenschaften auf andere Lebewesen übertragen.	„‚durch ihren regelmäßigen Wasserkontakt wurden ihre Speicherzellen wirksamer‘, das ist ja auch bei Menschen so, wenn die jetzt mehr laufen, dann werden die auch schneller“ (S10, F2, SB4)
Lamarckistisch	Die SuS begründen ihre Auswahl, indem sie Merkmalsveränderungen durch den Gebrauch von Merkmalen beschreiben.	„‚mehr Wasser speichern als andere‘, dadurch haben die sich ja dann mutiert“ (S10, F2, SB3)
Lernen von den Eltern	Die SuS begründen ihre Auswahl durch das Erlernen von Merkmalen von den Eltern.	„ihre Nachkommen irgendwie schneller sind, da sie jetzt ein Beispiel an ihren Eltern nehmen“ (S3, F1, SB5) „Als nächstes klicke ich an, dass er seine Jungtiere trainierte, weil die auch hinterher viel Jagen müssen“ (S12, F1, SB5)
Bezug zu anderen Satzbausteinen (Bif)	Die SuS begründen ihre Auswahl durch Inhalte vorhergehender oder nachfolgender Satzbausteine und nutzen eine inhaltlich falsche Begründung.	„‚Diese Entwicklung vollzog sich innerhalb des Lebens einer Brombeerpflanze‘ kann auch nicht sein, weil es ja mehrere Brombeerpflanzen sind und am Anfang steht ja auch ‚einige Vorfahren der Brombeerpflanzen‘“ (Sn1, F4, SB7) „Als nächstes klicke ich an, dass die heutigen Geparde von ihren Eltern das schnelle Laufen lernen, weil es auf den

		vorherigen Teil passt.“ (S12, F1, SB6)
Fehlinterpretation Satzbaustein	Die SuS entscheiden sich aufgrund eines falsch interpretierten bzw. falsch verstandenen Satzbausteines für einen Satzbaustein.	„die heutigen Enten lernen von den Eltern Schwimmhäute zu bilden‘, ich denke, dass damit gemeint ist, dass sie die DNA von den Eltern bekommen“ (Sn5, F3, SB6) „Dann als nächstes klicke ich darauf, dass er dadurch einen besseren Jagderfolg hatte, weil er halt schneller ist als andere Tiere“ (S12, F1, SB4)
Zuvor gelernt	Die SuS begründen ihre Auswahl durch Inhalte, die sie zuvor in der Software gelernt haben.	„ich nehme wieder ‚einige Vorfahren der Kakteen‘ [...] aus dem gleichen Grund wie bei den Geparden“ (Sn9, F2, SB1) „Mach ich wieder ‚einige Vorfahren der Kakteen‘, weil bei den Geparden war das auch so richtig“ (Sn5, F2, SB1)
Gleicher Satzaufbau	Die SuS begründen ihre Auswahl durch einen gleichen oder ähnlichen Satzaufbau wie bei den Fragen zuvor.	„Ok, das ist ja wieder in demselben Stil“ (S8, F2, SB1) „OK, die Sätze sind ja immer nach demselben Prinzip aufgebaut“ (S1, F3, SB1)
Gleicher Satzaufbau/ zuvor gelernt	Die SuS begründen ihre Auswahl durch einen gleichen bzw. ähnlichen Satzaufbau oder durch zuvor Gelerntes.	„und ich denke mal, dass das wieder [...] über mehrere Generationen vollzog“ (Sn7, F3, SB7) „bekamen durch eine zufällige Mutation‘, wie das letzte Mal auch“ (Sn5, F3, SB2)
Detailreicher	Die SuS begründen ihre Auswahl dadurch, dass ein Satzbaustein detaillierter ist bzw. mehr Informationen enthält als die anderen.	„Das ist quasi wie das andere nur zusammengefasst“ (Sn1, F3, SB4) „also ich denke ich nehme dann mal das dritte, weil das ausführlicher klingt“ (Sn5, F3, SB6)
Satzende	Die SuS begründen ihre Auswahl bzw. Nichtauswahl dadurch, dass ein Satzbaustein das Ende des Satzes darstellt.	„und sie hatten genug Wasser‘, das wäre ja dann schon das Ende“ (Sn1, F2, SB5) „und sie hatten genug zu fressen‘, das wäre quasi auch

		schon wie das Ende“ (Sn1, F3, SB5)
Einzig Auswahlmöglichkeit	Die SuS haben nur einen Satzbaustein zur Auswahl und benennen dies.	„‘Schwimmhäute‘ ist natürlich das einzige was man auswählen kann“ (S4, F3, SB3) „‘Schwimmhäute‘, das ist die einzige Auswahlmöglichkeit“ (S6, F3, SB3)
Zustimmung	Die SuS treffen ihre Auswahl durch eine inhaltslose innere Zustimmung.	„‘genug zu fressen hatten‘, ja. Das würde ich sagen“ (Sn2, F1, SB5) „wähl ich jetzt aus, da das so sein muss“ (S11, F1, SB2)
Vermutung	Die SuS treffen ihre Auswahl durch eine inhaltslose positive oder negative Vermutung.	„ich klicke jetzt auf die Texte, bei denen ich denke, dass es richtig ist“ (S3, F1, SB2) „Ich hab jetzt ‚einige Geparde‘ genommen, weil ich dachte, dass da bestimmt nicht nur ein Gepard mutiert ist“ (Sn9, F1, SB1)
Unsicherheit	Die SuS äußern ihre Unsicherheit.	„Ich hoffe das ist das richtige, weil beim letzten Mal habe ich einen Fehler gemacht an der Stelle“ (Sn5, F4, SB6) „Da bin ich jetzt grad nicht sicher, welches ich anklicken soll“ (S6, F2, SB6)
Unwissenheit	Die SuS äußern ihre Unwissenheit.	„Ich habe keine Ahnung ob das richtig ist“ (Sn2, F2, SB4) „ich weiß nicht genau, wie ich das erklären soll“ (Sn5, F2, SB4)
Ohne Aussage	Die SuS begründen ihre Auswahl nicht und lesen entweder den Satzbaustein vor oder klicken ihn ohne Kommentar an.	„schneller“ (Sn2, F1, SB3) „Dann ‚bekam durch eine zufällige Mutation““ (Sn5, F4, SB2)

11.20 Interviewtranskripte

11.20.1 Schülerin 1

I: So, du hast ja jetzt hier eine lange Zeit am PC gesessen und das zu meiner Zufriedenheit bearbeitet; auch mit dem lauten Denken, fand ich, hast du sehr gut gemacht. Das hat mir richtig gut gefallen. Was sagst du denn so ganz spontan zu dieser Software? #00:00:22-3#

S1: Also ich fand die ziemlich gut, die ganzen Erklärungen und mit den Auswahlmöglichkeiten. Also mir hat das auch viel Spaß gemacht und ich habe auch viel dabei gelernt. #00:00:34-1#

I: Ok. Würdest du das auch so deinen Mitschülern sagen, dass die so ganz gut ist? #00:00:40-4#

S1: Ich würde es auf jeden Fall empfehlen. #00:00:42-7#

I: Ok. Gut. Gibt es denn irgendwie trotzdem irgendwelche Schwächen bei dieser Software? #00:00:49-0#

S1: Bei den Videos, da manchmal, wenn diese Hand da kam, dann hat das Bild manchmal so geflackert, da waren noch so Überreste vom vorigen Bild. #00:01:01-2#

I: Mhm, die Videos ruckeln so ein bisschen. #00:01:00-7#

S1: Ja. #00:01:03-2#

I: Ja. Da muss ich noch mal gucken; das liegt an dem Player, der ist ein bisschen alt glaube ich, den muss ich noch einmal überarbeiten, ja. #00:01:09-7#

S1: Ja, ansonsten halt nur bei dem letzten, da stand halt noch mal: zur nächsten Frage. #00:01:14-3#

I: Mhm. #00:01:13-7#

S1: Aber ansonsten fand ich das ziemlich gut eigentlich. #00:01:18-2#

I: Das freut mich schon mal. Also hattest du, wenn du sagst, Schwächen gibt es, so diese Kleinigkeiten, aber hattest du irgendwelche Schwierigkeiten mit dieser Software? #00:01:26-2#

S1: Eigentlich gar nicht. Das war total gut erklärt, auch wie man damit umgehen muss. #00:01:31-6#

I: Ok. #00:01:32-1#

S1: Und auch das Feedback war so, dass man wirklich etwas dabei lernen kann. Ich fand es sehr gut. #00:01:37-1#

I: Mhm. Du hast am Anfang einmal gesagt, Entwicklung hat mit Anpassung zu tun. Das war so bei den Geparden ganz am Anfang. Was meinst du damit? #00:01:55-5#

S1: Ja, also ich habe gemeint, dass Tiere und Lebewesen ja immer weiter überleben wollen und sich deswegen auch an den sich ändernden Lebensraum anpassen müssen. #00:02:07-6#

I: Mhm. Ok. Hast du gemerkt, dass du das, also, dass das während der Software auch so herauskam, dass dir das auch so erklärt wurde? #00:02:15-5#

S1: Ja, aber, also ich lag zum Teil falsch und zum Teil richtig. Also das mit der Anpassung war schon richtig, aber halt dass das alles zufällig ist und das man das überhaupt nicht beeinflussen kann, das wusste ich ja vorher nicht. #00:02:32-0#

I: Also das ist etwas, das du gelernt hast. Hast du denn sonst noch irgendetwas gelernt, was du vorher vielleicht nicht wusstest? #00:02:38-6#

S1: Auf jeden Fall ein bisschen mehr zum Thema Vererbung, weil das kommt bei uns ja in Biologie erst noch, dass ein Teil von der Mutter, ein Teil vom Vater kommt und dann noch etwas dazu, was zufällig ist, was man überhaupt nicht beeinflussen kann. #00:02:55-1#

I: Mhm. #00:02:53-9#

S1: Ja. #00:02:57-6#

I: Das war dir so noch nicht bewusst bis hierhin. #00:02:58-0#

S1: Nein. #00:02:58-7#

I: Ok. Noch einmal zur Software zurück und gar nicht so zum Inhalt, sondern die Gestaltung des Ganzen: wie fandst du denn die Gestaltung? Würdest du da irgendwie noch etwas ändern, wo etwas anders machen? #00:03:13-0#

S1: Also ich fand die Gestaltung ziemlich ansprechend. #00:03:17-9#

I: Mhm. #00:03:18-4#

S1: Ich finde, so wie das gestaltet ist, ist das für viele Altersgruppen verständlich. Ich denke, man könnte das auch jetzt mit den Bildern und auch den Videos, vielleicht wäre die Ausdrucksweise ein

bisschen schwierig, aber ich denke, man könnte das genauso einem Siebtklässler zeigen und der würde das auch ziemlich gut verstehen. #00:03:36-3#

I: Ok. #00:03:36-1#

S1: Also ich fand das sehr ansprechend. #00:03:40-8#

I. Gut. Hast du denn noch irgendwelche Fragen an mich? #00:03:45-1#

S1: Jetzt noch nicht. #00:03:47-1#

I: Noch nicht, ok. Du hast ja, auf dem Elternbrief steht ja auch meine Email-Adresse noch mal drauf und wenn da noch irgendwelche Fragen mal auftauchen sollten, einfach nicht zögern, einfach eine Email schreiben. #00:03:57-3#

S1: Ok. #00:03:57-3#

I: Und dann werde ich die, so gut ich kann, auch beantworten. Ja, um eine Sache möchte ich dich noch bitten, dass du mit deinen Mitschülern noch nicht darüber sprichst. #00:04:08-2#

S1: Mhm. #00:04:08-2#

I: Weil es gibt ja noch zwei, die das auch noch testen sollen, ausprobieren sollen. Ich hoffe, dass das dann nächste Woche so weit ist, dass ich das mit denen auch testen kann und danach könnt ihr darüber sprechen, so viel und so lange ihr wollt, aber erst mal die nächsten zwei Wochen, sage ich mal so, bitte noch nicht darüber sprechen. #00:04:24-9#

S1: Ok, mache ich. #00:04:24-9#

I: Zuhause ist überhaupt kein Problem, kannst du gerne machen, aber noch nicht in der Klasse. #00:04:28-3#

S1: Ok. #00:04:29-2#

I: Super. Genau, das waren dann eigentlich schon so meine Fragen, die ich an dich hatte und ja, dann danke ich dir einfach noch mal ganz, ganz herzlich für deine Unterstützung. Das hat mir sehr weitergeholfen. Jetzt werde ich das Ganze mal irgendwann mal mir angucken und auswerten und ja, dann wünsche ich dir noch einen wunderschönen Tag. #00:04:50-3#

S1: Danke. #00:04:50-3#

I: Machst du heute noch irgendetwas? #00:04:50-5#

S1: Ja, ich habe noch eine Stunde PoWi. #00:04:54-6#

I: Gehst du da jetzt gleich noch hin, ja? #00:04:55-6#

S1: Muss ich wohl (lacht). #00:04:58-2#

I: Sind wir doch früher fertig geworden als gedacht, ja. #00:05:00-5#

S1: Ja, ok. #00:05:02-1#

I: Ok, ja, super. Dann vielen, vielen Dank. #00:05:05-9#

S1: Gerne. #00:05:06-7#

I: Nimm dir noch von den Süßigkeiten etwas mit. #00:05:09-1#

S1: Ok. #00:05:09-7#

I: Nimm am besten die ganze Packung mit, dann habe ich (n.v.) #00:05:10-6#

S1: Kann ich die in der Klasse verteilen. #00:05:12-1#

I: Du darfst sie in der Klasse verteilen, du darfst sie selber essen, wie du möchtest. #00:05:17-6#

S1: ein bisschen viel, ja ok. #00:05:18-2#

Die weiteren Interviews der Schülerinnen und Schüler 2-12 finden sich auf dem beiliegenden Datenträger.

Danksagung

Bedanken möchte ich mich hier bei den vielen Menschen, die mich während der Promotion unterstützt und begleitet haben.

Mein erster Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Dittmar Graf, der mir nicht nur die Möglichkeit gab meine Ideen zu verwirklichen, sondern mich während des gesamten Forschungsprozesses mit Rat und Tat begleitete. Die freie Zeiteinteilung während meiner Promotion ist nicht selbstverständlich und auch dafür danke ich dir, lieber Dittmar.

Prof. Dr. Hans-Peter Ziemek danke ich für die Begutachtung meiner Arbeit. Lieber Hans-Peter, vielen Dank für die kleinen Aufmunterungen zwischendurch!

Ein großer Dank gilt Frau Dr. Gundula Zubke, die mich in der Endphase meiner Dissertation unterstützt und bestärkt hat. Liebe Gundula ich danke dir sehr für deine Unterstützung und die intensive Korrektur.

Weiterhin möchte ich allen Mitgliedern des Doktorandenseminars danken. Die Gespräche, Diskussionen und die konstruktive Kritik haben meine Forschung bereichert. Danke liebe Frau Dr. Barbara Wieder, für deine Tipps und Hilfestellungen; Danke, liebe Anna Beniermann, für die fachliche Unterstützung beim Generieren der Satzbausteine; Danke, liebe Kirsten Greiten, für unser „JeuFix“, auch wenn es nicht immer fix war, und für deine akribische Literaturprüfung; Danke, liebe Elena Hamdorf, ohne dich hätte ich die Arbeit nie begonnen; Danke, liebe Anne Spitzner, für deine grammatikalischen Fähig- und Fertigkeiten, die du mir für die Entwicklung der Satzbausteine geliehen hast; Danke, lieber Tobias Klös, für die gemeinsame Zeit im Büro, bei der ich dich immer um Rat fragen durfte; Danke, liebe Elvira Schmidt, für deine Tipps und Hilfe bei Fragen aller Art.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Biologiedidaktik der JLU Gießen für die wunderbare und fröhliche Arbeitsatmosphäre während meines Forschungsprozesses.

Die Erhebung der Lernprozesse konnte nur durch die Bereitschaft dreier Lehrerinnen und Lehrer stattfinden. Liebe Yvonne Walter, lieber Dr. Achim Schott und lieber Nils Krautwald, danke, dass ihr mir Schülerinnen und Schüler und Räumlichkeiten an euren Schulen für meine

Forschung zur Verfügung gestellt habt! Den Schulleitungen, den Kollegien und den Schülerinnen und Schülern gilt mein herzlicher Dank.

Ein weiterer Dank geht an Thomas Waschke, Benjamin Manns, Christina Jatzko, Jessica Schuster und Vincent Dobrick, die mich bei der Programmierung von SELECTIVE und der Erstellung der animierten Videos unterstützt haben.

Mein besonderer Danke geht an Frau Dr. Julia Brennecke, die mich nicht nur im Institut unterstützt hat, sondern auch zu Hause Verständnis für Arbeitsphasen und Zeit für Fragen aller Art hatte. Danke dir, liebste Jule, für deine unglaubliche Geduld, Unterstützung und dein Kraftspenden.

Für die Rechtschreibprüfung danke ich besonders meiner Tante Christa Ußleber. Danke, liebe Tante, für das arbeitsintensive und erfolgreiche Wochenende.

Mein letzter Dank gilt meinen Eltern. Liebe Mama, lieber Papa, ihr habt mich jederzeit mit all eurer Kraft unterstützt und somit einen großen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig 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. Ich stimme einer evtl. Überprüfung meiner Dissertation durch eine Antiplagiat-Software zu. 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 und Unterschrift)