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

Qualitative Erhebungen von Schülervorstellungen von Grundschulkindern zur Evolution sowie die Konzeption und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Humanevolution im Rahmen des Evokids-Projekts

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum naturalium

(Dr. rer. nat.)

im Fachbereich Biologie
der Justus-Liebig-Universität
Gießen

vorgelegt von
Tobias Klös

Gießen, im Mai 2020

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

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Graf für die erstklassige Unterstützung, die konstruktiven Gespräche, das kritische Hinterfragen sowie die Geduld, die er mir beim Fertigstellen dieser Arbeit entgegengebracht hat, bedanken. Vor allem bedanke ich mich auch für die große Freiheit, die er mir bei meiner Forschung gewährt hat. Ferner danke ich Prof. Dr. Hans-Peter Ziemek für die Betreuung als Zweitgutachter.

Außerdem möchte ich mich bei der ganzen Arbeitsgruppe des Instituts für Biologiedidaktik der Universität Gießen bedanken, die mir immer hilfreich zur Seite stand. Besonders hervorheben möchte ich hier Dr. Anna Beniermann, Dr. Julian Roth-Brennecke, Dr. Julia Brennecke, Dr. Barbara Wieder, Kirsten Greiten, Elvira Schmidt, Philipp Lösch, Anne Spitzner, Paul Kuschmierz und Thomas Waschke. Danke für das ausgezeichnete Arbeitsklima!

Die schulpraktische Umsetzung dieser Arbeit wäre ohne das große Engagement von Lehrkräften, Eltern und Probanden nicht gelungen. Ich bedanke mich daher bei allen, die diese Arbeit erst ermöglicht haben – insbesondere bei den an der Studie teilgenommenen Grundschulkindern. Die Arbeit mit euch hat mir sehr viel Freude bereitet!

Danken möchte ich auch der Giordano-Bruno-Stiftung, die mich finanziell durch ein Forschungsstipendium unterstützt hat. Die Giordano-Bruno-Stiftung hat das Evokids-Projekt angestoßen und sowohl ideell als auch organisatorisch unterstützt. In diesem Zusammenhang ist insbesondere all denjenigen Dank zu sagen, die an den Evokids-Veranstaltungen (Tagungen, Workshops) durch anregende Beiträge und Diskussionen zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, u.a. Prof. Dr. Eckart Voland, Dr. Michael Schmidt-Salomon, Dr. Ulrich Kattmann, André Sebastiani, Lena Sistig.

Mein abschließender Dank gilt meiner Familie für die vielfältige Unterstützung, die sie in den vergangenen Jahren geleistet hat!

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis III
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis VII
Zusammenfassung 1
Einleitung 2
1 Theoretischer Hintergrund 6
1.1 Schülervorstellungen in der Lehr-Lernforschung 6
1.2 Conceptual-Change-Ansätze 11
1.3 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion 17
2 Wissenschaftliche Vorstellungen zur Evolution 20
2.1 Ein Überblick über die Evolutionsgeschichte 20
2.2 Schlüsselkonzepte der Evolutionsbiologie 25
2.3 Die Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten 26
2.3.1 Die Stellungen der Menschen im System der Lebewesen 26
2.3.2 Die Großen Menschenaffen 27
2.3.3 Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Menschenaffen 30
2.3.4 Frühere Menschenaffen 32
2.3.5 Konzepte zur Humanevolution – eine Zusammenfassung 37
3 Stand der Forschung: Kindervorstellungen zur Evolution 39
3.1 Kognitive Grundeinstellungen 39
3.1.1 Essentialistisches Denken 39
3.1.2 Teleologisches Denken 40
3.1.3 Anthropomorphes und anthropozentrisches Denken 41
3.2 Internationale Studien zu Evolutionsvorstellungen bei Kindern 43
3.2.1 Die Studie von Samarapungavan & Wiers (1997) – Niederlande 43
3.2.2 Die Studien von Evans (1994, 2000, 2001) – USA 44
3.2.3 Die Studien von Berti et al. (2010, 2012, 2017) – Italien 49
3.2.4 Aktuelle Studienlage im deutschsprachigen Raum 50
3.3 Erste Einblicke zum Variationsverständnis bei Kindern 52
3.4 Implikationen 54
4 Evokids – Evolution in der Grundschule 58
4.1 Evolution – eher ein Abschlussthema als ein Leitthema 58
4.2 Das Evokids-Projekt 59
5 Anlage der Forschungsarbeit 62
5.1 Forschungsdesiderat 62

5.2 Forschungsdesign und Forschungsfragen 63
6 Material und Methoden 66
6.1 Qualitative Interviewstudie 66
6.1.1 Entwicklung des Interviewleitfadens 66
6.1.2 Aufbau und Ablauf der Leitfadeninterviews 67
6.1.3 Stichprobe 72
6.1.4 Videographie 73
6.1.5 Transkription 74
6.1.6 Qualitative Inhaltsanalyse 74
6.2 Entwicklung und Evaluation einer Evokids-Unterrichtseinheit 77
6.2.1 Aufbau und Durchführung der Lehrintervention zur Humanevolution 78
6.2.2 Prä-Post-Interviews 79
6.2.3 Stichprobe und Untersuchungszeitraum 80
6.2.4 Videographie und Transkription 81
6.2.5 Evaluative qualitative Inhaltsanalyse 83
7 Ergebnisse 85
7.1 Kindervorstellungen zur Evolution 85
7.1.1 Vorstellungen von Grundschulkindern zur Evolutionsgeschichte 89
7.1.1.1 Hauptkategorie: Lebewesen der Frühzeit 89
7.1.1.2 Hauptkategorie: Ursprung der Lebewesen 96
7.1.1.3 Hauptkategorie: Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte 101
7.1.1.4 Hauptkategorie: Erklärungen zu den Veränderungen 107
7.1.1.5 Hauptkategorie: Ordnen der Lebewesen 112
7.1.2 Vorstellungen von Grundschulkindern zur Humanevolution 121
7.1.2.1 Hauptkategorie: Das Mensch-Affen-Verhältnis 121
7.1.2.2 Hauptkategorie: Ähnlichkeiten & Unterschiede beim Vergleich von Menschen und Affen 126
7.1.2.3 Hauptkategorie: Variation am Beispiel der Schimpansen 132
7.1.2.4 Hauptkategorie: Die Herkunft der Menschen 139
7.1.2.5 Hauptkategorie: Kindervorstellungen zu den Veränderungen und zum Entwicklungsstand der Menschen 149
7.1.3 Der Vorschlag einer polythetischen Typologie 155
7.1.4 Ergebnisse der vertiefenden Einzelfallanalysen 163
7.1.4.1 Der Evolutions-Typ 163
7.1.4.2 Der Schöpfungs-Typ 170
7.1.4.3 Der Schwankungs-Typ 177
7.1.4.4 Der theistische Evolutions-Typ 185

7.1.5 Didaktische Strukturierung: Lernchancen und Lernhindernisse 196
7.1.5.1 Didaktische Überlegungen zum Evolutions-Typ 196
7.1.5.2 Didaktische Überlegungen zum Schöpfungs-Typ..... 198
7.1.5.3 Didaktische Überlegungen zum Schwankungs-Typ..... 200
7.1.5.4 Didaktische Überlegungen zum theistischen Evolutions-Typ 201
7.1.5.5 Allgemeine didaktische Überlegungen und Folgerungen 202
7.2 Vorstellungsentwicklungen von Grundschulkindern zur Humanevolution..... 207
7.2.1 Konzeption der Evokids-Lernangebote zur Menschenaffen-Familie..... 207
7.2.2 Ergebnisse der Prä-und Posttests..... 214
7.2.3 Individuelle Vorstellungsentwicklungsprozesse 226
7.2.3.1 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Nora..... 226
7.2.3.2 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Ali..... 234
7.2.3.3 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Uwe 244
7.2.3.4 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Peter..... 249
7.2.4 Zusammenfassung und didaktische Konsequenzen 254
8 Diskussion 257
9 Fazit und Ausblick..... 279
10 Literaturverzeichnis 283
11 Anhang..... 310

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell der Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997).. 18
Abbildung 2: Evolutionärer Stammbaum der Großen Menschenaffen 31
Abbildung 3: Rekonstruierte Vor- und Frühmenschen 34
Abbildung 4: Die Evokids-Website..... 61
Abbildung 5: Forschungsansatz und Design der Studie 64
Abbildung 6: Das Interviewsetting..... 73
Abbildung 7: Ablauf der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse 75
Abbildung 8: Untersuchungsdesign der qualitativen Prä-Post-Studie 78
Abbildung 9: Kameraanordnung während des Unterrichts 82
Abbildung 10: Grundschulkinderzeichnungen von den frühesten Lebewesen..... 91
Abbildung 11: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Lebewesen der Frühzeit«..... 92
Abbildung 12: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Ursprung der Lebewesen«..... 99
Abbildung 13: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte «..... 105
Abbildung 14: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Erklärung der Veränderung«..... 111
Abbildung 15: Geradlinige Anordnung der Figuren nach der Zeit 114
Abbildung 16: Zeitliche Anordnung der Figuren..... 118
Abbildung 17: Ordnungskriterien im Code-Matrix-Browser 119
Abbildung 18: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Mensch-Affen-Verhältnis«..... 125
Abbildung 19: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Menschen & Affen«..... 131
Abbildung 20: Kategorien der Schimpansen-Bildkartenauswahl 133
Abbildung 21: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Variation am Beispiel der Schimpansen« 138
Abbildung 22: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Die Herkunft der Menschen« 149
Abbildung 23: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Veränderungen und Entwicklungsstand der Menschen«..... 154
Abbildung 24: Kleine Wasserlebewesen als früheste Lebewesen 164
Abbildung 25: Julias (B7) Vorstellung zu den frühesten Lebewesen 178
Abbildung 26: Julias Vorstellung zur Affenabstammung 182
Abbildung 27: Vom Menschen zum Roboter 183
Abbildung 28: Annas Zeichnung zur Entstehung der Lebewesen 186
Abbildung 29: Komplexe Mischvorstellung zur Menschwerdung 194
Abbildung 30: Stammbaum-Zeichnungen von Tim und Jan..... 224
Abbildung 31: Noras gezeichnete Abstammungsreihe der Menschenaffen 231

Abbildung 32: Alis Zeichnung zur Entstehung der Affen aus mikroskopisch kleinen Samen. 238
Abbildung 33: Alis lineare Darstellung der Humanevolution nach dem Unterricht... 241
Abbildung 34: Der von Peter im Post-Interview gezeichnete Menschenaffen-Stammbaum 252

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Notationsregeln mit Beispielen 74
Tabelle 2: Materialien und Schlüsselkonzepte der Evokids-Lernstationen 79
Tabelle 3: Kategoriensystem zur Evolutionsgeschichte im Allgemeinen..... 86
Tabelle 4: Kategoriensystem zu den Menschenaffen als Teil der Erdgeschichte..... 87
Tabelle 5: Vorstellungen zu den frühesten Lebewesen..... 90
Tabelle 6: Erhobene Vorstellungen zu den ersten Lebewesen bei Kindern aus der 3.und 4.Klasse..... 94
Tabelle 7: Vorstellungen der Grundschulkinder zur Entstehung der Lebewesen 97
Tabelle 8: Vorstellungen zu Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte..... 101
Tabelle 9: Erklärungen zu den entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen 108
Tabelle 10: Kriterien beim freien Ordnen 112
Tabelle 11: Anordnung der Lebewesen beim Ordnen nach der Zeit 115
Tabelle 12: Vorstellungen zum Mensch-Affen-Verhältnis 121
Tabelle 13: Vorstellungen zu Ähnlichkeiten beim Affen-Menschen-Vergleich 126
Tabelle 14: Vorstellungen zu den Unterschieden beim Affen-Menschen-Vergleich ..128
Tabelle 15: Die Auswahl der Schimpansen-Bildkarten 133
Tabelle 16: Typologische und variative Beschreibungen der Schimpansen 134
Tabelle 17: Begründungen und Erklärungen zur Variation bei Schimpansen 136
Tabelle 18: Bewertungen der Varianten..... 137
Tabelle 19: Kindervorstellungen zu den ersten Menschen..... 140
Tabelle 20: Charakterisierung der ersten Menschen..... 141
Tabelle 21: Vorstellungen zur Entstehung der ersten Menschen..... 143
Tabelle 22: Vorstellungen zu den Veränderungen der Menschen 150
Tabelle 23: Kindervorstellungen zur Zukunft und zum Entwicklungszustand der Menschen 153
Tabelle 24: Modifizierte Typologie und Zuordnung der Fälle auf der Basis fokussierter Fallbetrachtungen und Ähnlichkeitsanalysen 157
Tabelle 25: Der Evolutions-Typ und Schöpfungs-Typ mit häufig assoziierten Vorstellungen 161

Tabelle 26: Der Schwankungs-Typ und der theistische Evolutions-Typ mit häufig assoziierten Vorstellungen 162
Tabelle 27: Lernhindernisse und Lernchancen beim Schöpfungs-Typ in Bezug auf die Humanevolution 199
Tabelle 28: Benennung der Menschenaffen vor und nach der Unterrichtseinheit 214
Tabelle 29: Begriffslernen – vom „Affen"-Begriff zum „Menschenaffen"-Begriff ... 215
Tabelle 30: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur Herkunft und Entstehung der Menschen 216
Tabelle 31: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur evolutionären Veränderlichkeit 217
Tabelle 32: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen 219
Tabelle 33: Stammbaumdenken und -lesen vor und nach dem Evolutionsunterricht 221
Tabelle 34: Die Vorstellungsentwicklung von Mia zum Stammbaumdenken 222

Zusammenfassung

Das Projekt Evokids zielt darauf ab, bereits in der Grundschule ein erstes Verständnis für die Evolution der Lebewesen anzubahnen. Grundvoraussetzung für das Gelingen eines schülerorientierten Evolutionsunterrichts im Primarbereich ist die Berücksichtigung der Schülervorstellungen. Während Vorstellungen zur Evolution im sekundären Bildungsbereich sehr breit erforscht wurden (u.a. Baalmann et al. 2004; Brennecke 2015, Deadman & Kelly 1978; Engel Clough & Wood-Robinson 1985; Johannsen & Krüger 2005; Lammert 2012; Fenner 2013), hat man im Grundschulbereich bisher nur einige wenige Einblicke erhalten (Samarapungavan & Wiers 1997; Evans 2000, 2001; Berti et al. 2010; Werther 2016). Besonders in Deutschland liegen nur sehr wenige Daten zu den Vorstellungen von Grundschulkindern zum Themenfeld Evolution vor. Darüber hinaus mangelt es im Primarbereich an didaktisch rekonstruierten Lernangeboten und an Lernprozessuntersuchungen zum Thema Evolution. An diese Defizite setzt die vorliegende explorative Studie an. Im ersten Teil der vorliegenden Studie wurden Vorstellungen von Grundschulkindern aus der 3. und 4. Klasse zum Themenkomplex Evolution mittels halbstandardisierten Leitfadeninterviews erhoben und mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Der zweite Teil der Arbeit fokussiert auf die Vermittlung evolutionsbiologischer Basiskonzepte (Veränderlichkeit, Variation, Verwandtschaft) am Beispiel der Menschenaffen. Dazu wurde im Rahmen der Arbeit eine Unterrichtseinheit mit Evokids-Lernmaterialien entwickelt. Um einen Einblick in die Vorstellungsentwicklungen der Probanden zu gewinnen, wurden die individuellen Lernwege der Grundschulkinder anhand von Prä- und Postinterviews sowie Videoaufzeichnungen aus dem Evolutionsunterricht qualitativ analysiert. Der erste Teil der Forschungsarbeit, die qualitative Interviewstudie, zeigt, dass die befragten Kinder bereits über vielfältige Vorstellungen zum Themenkomplex Evolution verfügen, wobei sich vier Typen (Evolutions-Typ, Schöpfungs-Typ, Schwankungs-Typ, theistischer Evolutions-Typ) differenzieren lassen. Der zweite Teil der Arbeit macht exemplarisch deutlich, dass evolutionsbiologische Basiskonzepte bereits in der Grundschule erfolgreich unterrichtet werden können. Sowohl zur evolutionären Veränderlichkeit als auch zur biologischen Variation und zur gemeinsamen Abstammung der Lebewesen (Stammbaumdenken und -lesen) lassen sich anknüpfungsfähige Vorstellungen entwickeln. Zusammengenommen deuten die Ergebnisse der Untersuchung daraufhin, dass die Grundschulzeit ein günstiger Zeitraum ist, um mit dem Evolutionsunterricht zu beginnen. Eine gute Möglichkeit den Anfangsunterricht zur Evolution in der Grundschule schülerorientiert zu gestalten, stellt der hier gewählte humanzentrierte Ansatz dar.

Einleitung

Die Evolution ist das zentrale Leitthema der gesamten Biologie. Erst vor dem Hintergrund der Evolution werden die zahlreichen biologischen Einzelfakten zusammenhängend begreifbar (Dobzhansky 1973; Taylor et al. 2018). Die Zusammenhänge reichen weit über die Grundlagen der Biowissenschaften hinaus (Vollmer 2017). Zahlreiche Wissenschaftszweige und Anwendungsbereiche wurden und werden vom Evolutionsgedanken bereichert (Bull & Wichman 2001; Dragosits & Mattanovich 2013; Gluckman et al. 2011; Mindell 2007; Rühli et al. 2016). Ein evolutionäres Verständnis ist zudem dringend erforderlich, um aktuelle und zukünftige Herausforderungen, z.B. die Evolution von Medikamentenresistenzen oder die globalen Biodiversitätsverluste, anzugehen (Carroll et al. 2014; Cui et al. 2019; Gallagher et al. 2015; Meredith et al. 2011; Sarrazin & Lecomte 2016).

Obwohl die biologische Evolution heute *wissenschaftlich* betrachtet unstrittig ist, ist sie in der Bevölkerung noch immer umstritten. Das ist auch im deutschsprachigen Raum der Fall, wobei die Evolution in Deutschland eine größere Akzeptanz erfährt als in der Türkei oder USA (Beniermann et al. 2019, Eder et al. 2018; Graf & Lammers 2011; Miller et al. 2006). Die Lehr-Lernforschung zeigt außerdem deutlich, dass die Evolution von Lernenden häufig missverstanden wird. So treten zum Beispiel beim Lernen des evolutionären Anpassungsprozesses immer wieder erhebliche Lernschwierigkeiten auf. Ebenso wurden bei der erdgeschichtlichen Einordnung der Lebewesen und beim Lesen und Verstehen von evolutionären Stammbäumen deutliche Lerndefizite diagnostiziert. Mehrfach wird auch auf die Schwierigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Thema der Humanevolution auftreten, hingewiesen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Verständnisprobleme und fehlendes Wissen auf allen Bildungsebenen und in Bezug auf unterschiedliche Bereiche der Evolutionsbiologie festgestellt wurden (u.a. Almquist & Cronin 1988; Bishop & Anderson 1990; Catley & Novick 2009; Deniz & Borgerding 2018; Gregory 2009; Graf & Hamdorf 2011; Groß & Gropengießer 2008; Johannsen & Krüger 2005; Morabito et al. 2010; Nehm & Reilly 2007; Pobiner 2016; Seoh et al. 2016; Spiegel et al. 2012). Umso wichtiger ist es, die Evolution adäquat zu vermitteln. In Bezug darauf ist nicht nur die Struktur, Methoden und der Umfang, sondern auch der *Zeitpunkt* der evolutionsbiologischen Vermittlung im Bildungssystem kritisch zu hinterfragen. Die Evolution wird in der Regel erst im sekundären Bildungsbereich unterrichtet. In den

letzten Jahren mehren sich allerdings in vielen Ländern die Stimmen, die sich für einen viel früheren Evolutionsunterricht aussprechen (Campos & Sá-Pinto 2013; Fail 2008; Nadelson et al. 2009; Hermann 2011; Kelemen 2019; Shtulman et al. 2016; Wagler 2010; Wagler 2012). Auch in Deutschland wird gefordert, Evolution bereits in der Grundschule (im Sachunterricht) zu behandeln (Eder et al. 2018; Marquardt-Mau & Rojek 2011; Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina 2017; Werther 2016). Diese Bildungsoffensive wird unter anderem von der Evokids-Projektgruppe unterstützt, die zahlreiche Lernmaterialien für Kinder ab der 3. Klasse entwickelt hat (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Graf & Wieder 2017).

Für die Planung und Gestaltung des Evolutionsunterrichts in der Grundschule ist es entscheidend, dass Lehrkräfte nicht nur die wissenschaftsbasierten Vorstellungen zur Evolution, sondern auch typische Kindervorstellungen zur Evolution kennen (Lange & Ewerhardy 2014; Möller 2013). Allerdings ist zu bedenken, dass wir bisher noch wenig über die Lernvoraussetzungen von Grundschulkindern zum Themenkomplex Evolution wissen. Mit welchen typischen Vorstellungen kommen Kinder zum Themenfeld Evolution in den Unterricht? Inwiefern ist der Themenbereich Evolution für Kinder überhaupt zugänglich und vorstellungsbildend? Welche Vorstellungen haben Schülerinnen und Schüler im Kindesalter speziell zur Entstehung der Menschen? Sind bei Grundschulkindern die gleichen Fehlvorstellungen identifizierbar, die auch bei älteren Schülerinnen und Schüler vorzufinden sind? Welche altersspezifischen Besonderheiten gibt es? Inwieweit spielen kognitive und entwicklungspsychologische, inwiefern sozio-kulturelle und religiöse Faktoren eine Rolle bei der Präkonzeptentwicklung zur Evolution? Um das Themengebiet zu explorieren, müssen Grundschulkinder interviewt werden.

Auch liegen bisher kaum empirische Daten vor, ob und wie Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter Schlüsselkonzepte der Evolution erlernen können. Einige Lehrkräfte gehen davon aus, dass das Thema Evolution viel zu schwer, zu unanschaulich, zu abstrakt und zu fern von der Lebenswelt der Grundschulkinder sei (persönliche Gespräche; s.a. Carey 1985, Lawson & Thompson 1988). Basierend auf Jean Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung werden Grundschüler zwischen 7 und 11 Jahren in die Phase des konkret-operationalen Denkens eingeteilt (Piaget 2003). Demnach sind Kinder in dieser Zeit zwar schon zum logischen Denken, aber nicht zum abstrakten Denken in der Lage.

Obgleich es Evidenzen dafür gibt, dass Piagets Theorie die kognitiven Fähigkeiten von Kindern unterschätzt (Oliveira et al. 2011, Haeusler & Donovan 2017, Kelemen 2019, Lange & Ewerhardy 2014, Wagler 2012), wissen wir tatsächlich noch sehr wenig darüber, wie abstrakte und komplexe naturwissenschaftliche Phänomene wie die „Evolution" Schülerinnen und Schülern im Grundschulalter verständlich gemacht werden können. Wie können Lernprozesse zum Thema Evolution im Primarbereich angestoßen und ausgestaltet werden? Wie sollten Lernangebote didaktisch strukturiert werden, um ein Verständnis evolutionsbiologischer Basiskonzepte anzubahnen? Welche Vorstellungen entwickeln Lernende im Grundschulalter, wenn sie zum Thema Evolution unterrichtet werden? Welche Lernpotentiale lassen sich identifizieren, welche Lernhindernisse treten auf? Welche didaktischen Ansätze eignen sich besonders für den evolutionsbiologischen Anfangsunterricht? Zur Beantwortung dieser Fragen müssen Lernangebote schüler-orientiert entwickelt und dann in der Schulpraxis eingesetzt und evaluiert werden.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, die Vorstellungen von Dritt- und Viertklässlern möglichst breit zu erkunden, um einen Überblick über die Lernausgangslage von Grundschulkindern zum Themenfeld Evolution zu erhalten. Das zweite wesentliche Anliegen der Arbeit ist die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Humanevolution. Die vorliegende Arbeit ist dementsprechend zweigeteilt aufgebaut.

Zur Gliederung der Arbeit: Zunächst wird der theoretische Rahmen der Arbeit dargestellt. Dazu gehört die Behandlung grundlegender Begriffe, das Modell der Didaktischen Rekonstruktion und verschiedene Conceptual-Change-Ansätze (Kapitel 1). Daran schließt sich die Darstellung von zentralen wissenschaftlichen Vorstellungen zur Evolution an, die für die fachliche Klärung der Arbeit relevant sind (Kapitel 2). Ausgehend vom aktuellen Forschungsstand (Kapitel 3) und dem Evokids-Projekt (Kapitel 4), in dem die vorliegende Untersuchung eingebettet ist, wird das Forschungs-desiderat abgeleitet, das Forschungsdesign offengelegt und die Forschungsfragen formuliert (Kapitel 5). Dann folgt, im Kapitel 6, die detaillierte Beschreibung der methodischen Vorgehensweise bei der qualitativen Interviewstudie (Kapitel 6.1) sowie der Entwicklung und Evaluation der Evokids-Unterrichtseinheit zur Humanevolution (Kapitel 6.2). Die Darstellung der Ergebnisse gliedert sich ebenso wie die Beschreibung der Methoden und Materialien in zwei Teile (Kapitel 7). Im ersten Teil werden die

erhobenen Vorstellungen der Grundschulkinder zur Evolution im Allgemeinen und zur Humanevolution deskribiert, typologisiert und einzelfallbasiert analysiert (Kapitel 7.1). Im zweiten Ergebnisteil werden dann (in Bezug auf den durchgeführten Evolutionsunterricht in der Grundschule) die Vorstellungsentwicklungen der Lernenden in den Blick genommen, wobei der Lernerfolg qualitativ evaluiert und individuelle Lernwege der Grundschulkinder rekonstruiert werden (Kapitel 7.2). In beiden Ergebnisteilen werden Lernpotentiale und Lernhindernisse herausgearbeitet und didaktische Hinweise gegeben. Abschließend werden die Ergebnisse im Hinblick auf Forschung und Schulpraxis diskutiert (Kapitel 8).

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Schülervorstellungen in der Lehr-Lernforschung

Schülerinnen und Schüler kommen nicht als „unbeschriebene Blätter“ in den Unterricht, sondern verfügen bereits zu vielen verschiedenen Themen über Vorstellungen, die zum Teil tief in alltäglichen Erfahrungen verankert sind (Duit 1995; Graf & Hamdorf 2011; Krüger 2007). Als Ausgangspunkt von Lernprozessen stellen diese individuellen Vorstellungen einen wichtigen Faktor für das Lernen dar (u.a. Kattmann 2017a; Lange & Ewerhardy 2014; Möller 2013). Die vorhandenen Vorstellungen bestimmen wesentlich, wie die Unterrichtsinhalte verstanden und in die bestehende Vorstellungswelt der Lernenden aufgenommen werden. Die Vorstellungen können Lernschwierigkeiten und Lernwiderstände verursachen, aber auch Lernchancen und fruchtbare Anknüpfungsmöglichkeiten bieten. Schülervorstellungen lassen sich als Lernmittel nutzen und sind essentiell für die Planung und Gestaltung von Unterricht (Bahar 2003; Clement 1989; Hammann & Asshoff 2014; Kattmann 2007b, Lange & Ewerhardy 2014). Daher spielt die Erhebung von Schülervorstellungen in allen Fachdidaktiken eine zentrale Rolle für die jeweilige Lehr-Lernforschung (Gebhard et al. 2017). Die Bedeutsamkeit der Erhebung von Schülervorstellungen spiegelt sich in den zahlreichen Forschungsprojekten in den letzten Jahrzehnten wieder. Eine umfangreiche Bibliographie zur Vorstellungsforschung mit über 8000 Veröffentlichungen hat Duit zusammengestellt (Duit 2009).

Kognitionspsychologisch werden Vorstellungen als Denk- und Wahrnehmungsvorgänge (Kognitionen) von Individuen zu einem bestimmten Phänomen oder Sachverhalt aufgefasst (Krüger & Vogt 2007). Auf der Grundlage einer moderat konstruktivistischen Sicht des Lernens werden Vorstellungen in der vorliegenden Arbeit als subjektive gedankliche Konstruktionen verstanden (Berck & Graf 2018; Riemeier 2007). Schüler und Schülerinnen übernehmen nicht einfach Wissen. Sie sind keine Objekte, die passiv Informationen aufnehmen, sondern konstruieren ihr Wissen selbstgesteuert, aktiv, individuell und situativ. Dabei bilden körperliche, soziale und umweltliche Erfahrungen aus der Kindheit die Grundlage (Kattmann 2007a). Jegliche neue gedankliche Konstruktion greift auf bereits verfügbare Konstruktionen zurück. Im Sinne dieser konstruktivistischen Sichtweise werden Vorstellungen in der Lehr-Lernforschung nicht als Substanzen betrachtet, sondern als dynamische Prozesse. Um den prozesshaften

Charakter von Vorstellungen hervorzuheben, werden Vorstellungen von Lernenden auch als „*subjektiv gedankliche Prozesse*“ bezeichnet (Baalmann et al. 2004; Gropengießer 2003a). Überdies sind Vorstellungen eng mit Emotionen und sozialen Beziehungen verbunden. Kattmann (2007a) sieht Vorstellungen von Lernenden daher umfassender als subjektive Konstrukte „*mit kognitiven, emotionalen und sozialen Komponenten“*.

In der Fachliteratur zur Vorstellungsforschung findet man keine einheitliche Verwendung des Vorstellungsbegriffs, vielmehr verdeutlicht die folgende Auflistung die vorherrschende Vielfalt der Termini: *Alltagsvorstellungen*, *Präkonzepte*, *Vorerfahrungen*, *lebensweltliche Vorstellungen*, *Fehlvorstellungen*, *Schülervorverständnis*, *Vorwissen*, *subjektive Theorien*, *alternative Vorstellungen*, *vorunterrichtliche Vorstellungen*, *Alltagsphantasien*, *Alltagsmythen, primäre Vorstellungen*, *Unterrichtsvorstellungen*, *naive Vorstellungen, subjektive Deutungsmuster*, *vorwissenschaftliche Vorstellungen*, *persönliche Theorien* und weitere. Auch in der englischsprachigen Fachliteratur tauchen zahlreiche Vorstellungsbegriffe auf, u.a. *naive beliefs*, *preconceptions*, *misconceptions*, *alternative conceptions*, *alternative frameworks* (Bahar 2003; Driver & Easley 1978; Hashweh 1988; McCloskey et al. 1980; Wandersee et al. 1994). Die genannten Vorstellungsbegriffe sind nicht alle gleichbedeutend. Sie akzentuieren verschiedene Aspekte. So können Vorstellungen beispielsweise auf den Unterricht (zum Beispiel: *Präkonzepte*: Vorstellungen vor dem Unterricht. *Postkonzepte*: Vorstellungen nach dem Unterricht) bezogen werden oder auf fachlich-inhaltliche Aspekte (z.B. wissenschaftliche Vorstellungen oder Fehlvorstellungen). Die Vorstellungsbegriffe müssen in ihrem jeweiligen theoretischen Kontext gesehen werden. Auf einige zentrale Vorstellungsbegriffe soll hier näher eingegangen werden:

- Der in der Literatur häufig vorzufindende *Alltagsvorstellungsbegriff* bezieht sich darauf, dass die Vorstellungen alltäglichen Erfahrungen entspringen (Kattmann 2007a). Alltagsvorstellungen werden im Alltag angewandt und haben sich in der Lebenswelt bewährt. Sie werden vom Lernenden subjektiv als stimmig und einleuchtend angenommen. Vor dem Hintergrund, dass Alltagsvorstellungen erfahrungsbasiert sind und mitunter ein sehr großes Erklärungs- und Orientierungspotential in Alltagskontexten haben, sind die Ergebnisse der Lehr-Lernforschung nicht überraschend, die aufzeigen, wie schwer veränderbar tief verankerte Alltagsvorstellungen sind, selbst wenn Schüler jahrelang unterrichtet werden (Duit 2000; Kattmann 2007a). Der Alltagsvorstellungsbegriff enthält keine Wertung. Alltags-

vorstellungen sind fachlich *nicht* geklärt. Alltagsvorstellungen können demnach fachlich inkorrekt oder fachlich korrekt bzw. wissenschaftsorientiert sein.

- Oft stimmen Vorstellungen nicht mit den heutigen naturwissenschaftlichen Erklärungen überein. Diese fachlich inkorrekten Vorstellungen werden normativ-didaktisch mitunter als *Fehlvorstellungen* („missconceptions“) bezeichnet (Bahar 2003; Graf & Hamdorf 2011; Gregory 2009). Graf & Hamdorf (2011) folgend wird der Begriff in der vorliegenden Arbeit nicht verwendet, um Schülervorstellungen abzuwerten, sondern, um die fachliche Angemessenheit der Vorstellungen aus fachwissenschaftlicher Perspektive zu beleuchten. Die fachliche Klärung von Schülervorstellungen ist wichtig, um die Vorstellungen didaktisch als Lernmittel für den Unterricht nutzen zu können. Alltagsvorstellungen, die im Widerspruch zu den fachlich intendierten Vorstellungen stehen, können sehr lernhinderlich sein, da der vermittelte Unterrichtsinhalt immer vor dem Hintergrund der bereits vorhandenen Vorstellungen interpretiert wird. So können Fehlvorstellungen aufgebaut werden, selbst wenn die Lehrkraft die Unterrichtsinhalte fachwissenschaftlich richtig darstellt (Graf & Hamdorf 2011).
- Im Zusammenhang mit der ursprünglichen Genese von Vorstellungen wird basierend auf der „Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens“ auch von „*verkörperten Vorstellungen*“ gesprochen, da Vorstellungen aus direkten körperlichen Erfahrungen (Körper-Umwelt-Interaktionen) erwachsen können, die praktisch jedes Kind erlebt (Gropengießer 2007). Es wird angenommen, dass schon früh in der Kindheit Unterscheidungen wie oben – unten, innen – außen, vorne – hinten, Zentrum – Peripherie, Start – Ziel durch unmittelbare Begegnungen mit der Umwelt konzeptualisiert werden. Aber nicht alle Phänomene sind direkt erfahrbar und werden direkt verstanden. Phänomene können auch imaginativ erschlossen werden. Meist werden dabei Vorstellungen aus einem unmittelbar erfahrbaren Quellbereich (mittels Metaphern, Metonymien oder Analogien) auf einen abstrakten Zielbereich übertragen. Solche Vorstellungen werden auch als „imaginative Vorstellungen“ oder „abstrakte Vorstellungen“ bezeichnet (Gropengießer 2003b; Marsch 2009; Meske 2011; Riemeier et al. 2010).
- Nicht alle Vorstellungen sind tief verankerte Vorstellungen („deep structures“). Vorstellungen können auch spontan konstruiert werden. Solche spontan konstruierten Vorstellungen werden als Ad-hoc-Vorstellungen („current constructions“) bezeichnet (Hammann & Asshoff 2014; Lange & Ewerhardy 2014). Während tief verankerte

Vorstellungen meist mit einem starken Überzeugungsgehalt verbunden sind und deshalb nur sehr schwer veränderbar sind, gelten Ad-hoc-Vorstellungen als leichter veränderbar (Hammann & Asshoff 2014; Häußler et al. 1998).

- Eine begriffliche Unterscheidung kann auch in Bezug auf die Herkunft der Schülervorstellungen vorgenommen werden. Die Quellen von Schülervorstellungen können ganz verschieden sein. Vorstellungen können zum Beispiel auf die sozialen, kulturellen oder auch auf religiösen Einflussfaktoren bezogen werden (z.B. religiöse Vorstellung). Eine wichtige Quelle stellt auch der vorangegangene Unterricht dar. Vorstellungen, die durch den Unterricht beabsichtigt oder unbeabsichtigt bewirkt sind werden „Unterrichtsvorstellungen", „unterrichtsbedingte Vorstellungen" oder auch „hausgemachte Vorstellungen" genannt (Barke 2006; Hammann & Asshoff 2014). Die Unterscheidung von *vorunterrichtlichen Vorstellungen* und *unterrichtsbedingten Vorstellungen* ist insbesondere wichtig, wenn aus den erhobenen Vorstellungen Schlussfolgerungen gezogen werden. Während die vorunterrichtlichen Vorstellungen erhoben werden, um den Lernbedarf zu erfassen und Lehr-Lernangebote zu entwickeln, lassen erhobene Schülervorstellungen nach und während dem Unterricht Schlussfolgerungen zum durchgeführten Unterricht zu. Diese können für die Verbesserung von Lehr-Lernprozessen genutzt werden (Hammann & Asshoff 2014).
- Vorstellungen können unterschiedlich komplex strukturiert sein. Demzufolge können Vorstellungen verschiedenen Komplexitätsebenen zugeordnet werden. Zum Beispiel unterteilt Gropengießer (2003a) Vorstellungen in *Begriffe*, *Konzepte*, *Denkfiguren* und *Theorien*. Auf den Komplexitätsebenen sind Begriffe die einfachsten Elemente von Vorstellungen. Auf der nächst hören Komplexitätsebene befinden sich dann die Konzepte. Von einem Konzept spricht Gropengießer, wenn zwei oder mehrere Begriffe miteinander verknüpft werden. Nach Graf allerdings sind Konzepte nichts anderes als Begriffe und die Verknüpfung von Begriffen zu Sätzen, werden Aussagen genannt (Beniermann et al. 2017; Berck & Graf 2018, Graf 1989). Wenn nach Gropengießer (2003a) wiederum Konzepte miteinander in Beziehung gesetzt werden, spricht er von Denkfiguren. Dabei handelt es sich um komplexe, gestalthafte Vorstellungen mit erklärendem Charakter. Miteinander vernetzte Denkfiguren, Konzepte und Begriffe sind Aussagegefüge, die auf der höchsten Komplexitätsebene stehen und auch als „Theorien" (nicht im Sinn der Wissenschaftstheorie) bezeichnet werden (Baalmann et al. 2004; Weitzel & Gropengießer 2009).
- Angelehnt an die revidierte und erweiterte Taxonomie von Krathwohl (2002) können

Vorstellungen auch auf unterschiedlichen kognitive Prozessdimensionen (Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren, Evaluieren und Kreieren) angesiedelt sein (Beniermann et al. 2017). Die sechs kognitiven Prozessdimensionen sind in zunehmender Komplexität geordneten und lassen sich wiederum in vier Wissensdimensionen unterscheiden (Faktenwissen, konzeptuelles Wissen, prozedurales Wissen und metakognitives Wissen), sodass insgesamt eine Matrix aus verschiedenen Niveau- und Prozessstufen entsteht, in welche die gedanklichen Konstruktionen der Lernenden einordbar sind (Krathwohl 2002). So ist es beispielsweise denkbar, dass ein Lernender über ein umfangreiches deklaratives Wissen (Faktenwissen) auf der Erinnerungsebene verfügt, aber große Schwierigkeiten dabei hat das Wissen auch anzuwenden.

Es kann nicht vorausgesetzt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler zu allen Sachverhalten bereits über Vorstellungen verfügen (Von Aufschnaiter & Rogge 2010). Es ist auch möglich, dass ein Phänomen, mit dem Schüler konfrontiert werden, nicht oder nur sehr wenig vorstellungsbildend ist, beispielsweise, wenn Objekte aufgrund ihrer sehr geringen Größe (z.B. auf der mikrobiologischen Ebene) im Alltag überhaupt nicht wahrgenommen werden (Schneeweiß 2008). Auch können Begriffe beziehungsweise Konzepte unbekannt sein (Berck & Graf 2018). Ebenso wie fest verankerte Vorstellungen, können *vage Intuitionen* oder *fehlende Vorstellungen* (Nichtwissen) das Lernen stark beeinflussen (z.B. mangelnde Artenkenntnis). Wenn die entsprechende Wissensgrundlage fehlt oder äußerst lückenhaft ist, können Unterrichtsinhalte zu Verwirrung und Verständnisschwierigkeiten bei den Lernenden führen. Ein aufbauender, anknüpfender und verbindender Unterricht (*kumulatives Lernen*) ist daher anzustreben, um Wissenslücken zu beheben und der Entstehung von Fehlvorstellungen entgegenzuwirken (Berck & Graf 2018). Auch im Hinblick auf einen intendierten *Conceptual Change* (siehe Kapitel 1.2) ist es wichtig zu erfassen, über welche Vorstellungen Lernende zu einem Thema verfügen und ob überhaupt „veränderbare“ Vorstellungen vorliegen. Wie Krüger schreibt: „*Will man Vorstellungen verändern, setzt dies voraus, dass überhaupt Vorstellungen vorhanden sind*“ (Krüger 2007, S. 83). In jedem Fall, ob Schülerinnen und Schüler über konkrete Vorstellungen zu einem Sachverhalt verfügen oder nicht, die Befragung von Schülerinnen und Schülern ist in jeder Hinsicht erforderlich und grundlegend, um konkreten Unterricht empirisch begründet aufbauen und gestalten zu können.

1.2 Conceptual-Change-Ansätze

In den 1980er Jahren entwickelte sich – inspiriert durch Thomas Kuhns Arbeit zum „Paradigmenwechsel" – eine sogenannte Conceptual-Change-Forschung, die beforscht wie Vorstellungen von Lernenden erweitert und verändert werden können (Duit & Treagust 2003; Kuhn 1962; Posner et al. 1982; Vosniadou 2013). Die Erforschung von Schülervorstellungen hat gezeigt, dass ein tiefgreifender Konzeptwechsel von alltagsnahen und meist fehlerbehafteten Vorstellungen zu den wissenschaftlich fundierten Vorstellungen nicht einfach zu bewerkstelligen ist. Die Vorstellungen der Lernenden sind häufig stabil und resistent gegenüber Veränderungen, da sich viele Vorstellungen im Alltag als sinnvoll und funktional erwiesen haben (Krüger 2007).

Es gibt innerhalb der Conceptual-Change-Forschung verschiedene Ansätze wie ein Konzeptwechsel unterstützt werden kann. Im klassischen, epistemologischen Ansatz geht Posner et al. (1982) von vier Bedingungen für einen erfolgreichen Konzeptwechsel aus:

- Der Lernende muss mit seiner vorhandenen Vorstellung *unzufrieden* sein und das Vertrauen in die alte Vorstellung verlieren. Die Entstehung von Unzufriedenheit kann durch kognitive Konflikte erzeugt werden.
- Die neue Vorstellung muss *verständlich* und nachvollziehbar sein. Ein neues Konzept wird besser verstanden, wenn es zu den vorhandenen Vorstellungen passt. Besonders Analogien und Metaphern können beim Verständnisaufbau helfen.
- Die neue Vorstellung muss *plausibel* sein. Die neue Vorstellung sollte die Lernenden innerlich überzeugen und Probleme besser lösen können als die derzeit verfügbare Vorstellung.
- Die neue Vorstellung muss *fruchtbar* sein. Das bedeutet, dass die neue Vorstellung so ausbaufähig sein sollte, dass sie auch auf weitere Fragestellungen und Erfahrungsräumen anwendbar ist. Die Vorstellung sollte also auch in anderen Zusammenhängen überzeugende Erklärungen und Deutungen liefern.

Posner et al. (1982) unterscheidet angelehnt an die Äquilibrationstheorie von Piaget zwischen *Assimilation* und *Akkommodation* und bezieht die vier genannten Bedingungen auf die radikale Form des Konzeptwechsels (Akkommodation). Während bei der Akkommodation die vorhandene Vorstellung radikal verändert wird, also ein tiefgreifendes Umlernen stattfindet (diskontinuierlicher Lernweg), wird bei der

Assimilation an die bestehende Vorstellung angedockt, um einen bruchlosen Lernweg von der alten zur neuen Vorstellung zu ermöglichen (kontinuierlicher Lernweg).

Es hängt vor allem von der Stärke des Kontrastes zwischen der vorunterrichtlichen und der wissenschaftlichen Vorstellung ab, welche Strategie der Lehrende nutzen sollte, um einen Konzeptwechsel einzuleiten. Ist der Kontrast zwischen alter und neuer Vorstellung gering, sollte man an die bestehenden Überschneidungen anknüpften (*Anknüpfungs-strategie*), um die vorhandene Vorstellung zu erweitern und auszudifferenzieren (Kattmann 2015; Möller 2013). Ist der Kontrast zwischen beiden Vorstellungen dagegen groß, dann kann sich die *Kontrast-Strategie* anbieten, bei der man die vorunterrichtliche und die wissenschaftliche Vorstellung aufeinanderprallen lässt (Kattmann 2015; Spörhase 2012). Dabei zeigt der Lehrende die Grenzen der vorunterrichtlichen Vorstellung auf und führt die Lernende in der Regel in einen kognitiven Konflikt. Kognitive Konflikte können auf vielfältige Art und Weise erzeugt werden (Akpınar et al. 2009; Baser 2006; Berck & Graf 2018, Dega et al. 2013; Lee & Byun 2012; Lin 2007; Sinatra & Broughton 2011). Beispielsweise kann den Lernenden mit Experimenten gezeigt werden, dass die vorunterrichtliche Vorstellung nicht mit den tatsächlichen Ergebnissen von Experimenten übereinstimmt (Duit & Treagust 1998; Lin 2007).

Im Rahmen des klassischen Conceptual-Change-Ansatzes wird der Konfliktstrategie eine große Bedeutung zugesprochen. Auch in aktuellen Praxisbüchern für die Schule wird in der Konfliktstrategie eine wichtige Unterrichtsstrategie gesehen (Spörhase 2012). Resümiert man den Forschungsstand der Lehr-Lernforschung, so ergibt sich ein differenziertes Bild. Die Konfliktstrategie kann nicht nur konstruktiv (Baser 2006), sondern auch bedeutungslos oder gar kontraproduktiv sein. Es ist nicht immer der Fall, dass Lernende die Konflikte überhaupt wahrnehmen und als bedeutsam erachten. Destruktiv ist die Konfliktstrategie vor allem dann, wenn Lernenden durch den kognitiven Konflikt in einen lernhinderlichen Verwirrungszustand geführt werden und durch die Gegenüberstellung der vorunterrichtlichen und wissenschaftlichen Vorstellungen fehlerhafte Vorstellungen konstruieren. Das ist insbesondere dann wahrscheinlich, wenn diejenigen fehlerhaften Vorannahmen nicht adäquat mitverändert werden, die die Basis der vorunterrichtlichen Vorstellung bilden (Vosniadou et al. 2001). Limón (2001), die die kognitive Konfliktstrategie näher untersucht hat, weist kritisch darauf hin, dass Interventionen, die auf kognitiven Konfliktstrategien beruhen, meist nur schwache

Vorstellungsveränderungen bewirken, die nicht mit dem angestrebten Tiefenverständnis einhergehen. Angesichts der angesprochenen Schwierigkeiten ist die Erzeugung von kognitiven Konflikten nicht als generelle Unterrichtsstrategie für jeden Unterricht und alle Lernende gleichermaßen geeignet. Die Schwierigkeiten treffen vor allem auf leistungsschwächere und jüngere Lernende zu, die nicht über entsprechende metakognitive Fähigkeiten verfügen und sich auf kognitive Konflikte, die Unsicherheiten erzeugen, nur schwer einlassen (Chan et al. 1997; Dreyfus et al. 1990; Kang et al. 2004; Limón 2001; Möller 2013; Ramsburg & Ohlsson 2016; Zohar & Aharon-Kravetsky 2005).

Auch wenn der kognitive Konflikt erzeugt wurde, ist nicht garantiert, dass damit auch ein Konzeptwechsel verbunden ist. Es hat sich herausgestellt, dass Lernende ihre Vorstellung häufig beibehalten, obwohl experimentelle Daten klar im Widerspruch zu ihren Vorstellungen stehen. Oftmals ist es für Lernende leichter, die neuen Daten („*anomalous data"*) zu ignorieren, zu selektieren, zu verdrehen oder umzuinterpretieren als die eigene Vorstellung zu verändern (Chinn & Brewer 1993; Lin 2007). Es besteht immer die Gefahr, dass die Lernenden in den Daten nur das sehen, was sie entsprechend ihren eigenen vorunterrichtlichen Vorstellungen sehen wollen oder können („*confirmation bias"*) (Möller 2013).

Für Hewson & Hewson (1992) ist der „Status" der jeweiligen Vorstellung entscheidend. Der Status wird nicht von der Lehrkraft, sondern von den Lernenden bestimmt. Auch wenn die gewünschte Unzufriedenheit beim Lernenden mittels der Konfliktstrategie erzeugt werden konnte, hängt es immer noch wesentlich davon ab, welche der Vorstellungen den höheren Status hat. Der Status wird entscheidend von der Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit der Vorstellungen bestimmt. Beim Ansatz von Hewson & Hewson (1992) werden Vorstellungen beim *Conceptual Change* also nicht ausradiert, sondern sie verändern ihren Status. Alltagsvorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen können daher auch (mit verändertem Status) nebeneinander weiterexistieren und später oder in anderen Kontext wiederverwendet werden (Duit & Treagust 2003; Hewson & Hewson 1992).

Kattmann (2015) hebt im Zusammenhang mit den Unterrichtsstrategien hervor, dass die Kontrastierung von unterschiedlichen Vorstellungen (*Kontrast-Strategie)* nicht mit dem Induzieren eines kognitiven Konflikts verbunden sein muss. Die fachlich intendierte Vorstellung kann für Schüler und Schülerinnen so attraktiv sein, dass die

vorunterrichtliche Vorstellung gewissermaßen bruchlos rekonstruiert werden kann. Die vorunterrichtliche Vorstellung muss den Lernenden also nicht immer erst verleidet werden. Neben der *Kontrast-Strategie* weist Kattmann (2015) noch auf zwei weitere Unterrichtsstrategien hin: Den *Perspektivwechsel* und die *Brücken-Strategie*. Beim *Perspektivwechsel* werden die Alltagsvorstellungen aus einem anderen Blickwinkel betrachtet, was die Vorstellung dann quasi „in neuem Licht erscheinen lässt" und neue Lernwege eröffnet (Kattmann 2015). Ein solcher Perspektivwechsel unterstützt das bewusste Nachdenken über die eigene Vorstellung und fördert damit von Anfang an einen reflektierten Lernprozess und metakognitive Fähigkeiten. Dagegen werden bei der *Brücken-Strategie* (auch *By-pass-Strategie* genannt) den Lernenden ihre Vorstellungen zunächst nicht bewusstgemacht. Das kann den Vorteil haben, dass sich mögliche Fehlvorstellungen nicht schon *vor* der Vermittlung der fachlichen Inhalte verfestigen. Implizit werden die vorhandenen Vorstellungen zwar als Hilfe genutzt, aber erst nachdem der „Übergang" zur fachlich angemessenen Vorstellung vollzogen wurde, mit den Lernenden reflektiert (Kattmann 2015; Möller 2013).

Der klassische Conceptual-Change-Ansatz von Posner et al. (1982), wurde stark kritisiert, weil er sich rein auf kognitive Faktoren konzentriert. Motivationale, affektive und soziale Aspekte wurden bei der Betrachtung ausgeklammert (Möller 2013). Aus diesem Grund wurde der Ansatz auch als „kalt" („*cold conceptual chang*") bezeichnet (Pintrich et al. 1993). Angesichts der starken Verengung haben Strike und Posner (1992) ihren Ansatz ein Jahrzehnt später revidiert. Insbesondere den situativen Einflüssen und der *Conceptual Ecology* wurde dann eine größere Bedeutung zugesprochen (Strike und Posner 1992). Neben der Lernumgebung und den motivationalen Bedingungen haben soziale Interaktionen einen wichtigen Einfluss auf den *Conceptual Change*, weshalb in der jüngeren Forschung verstärkt auf *kooperative* Lernprozesse gebaut wird. Im Rahmen des kooperativen Lernansatzes wird angenommen, das Vorstellungen im Austausch mit anderen Lernenden konstruiert und weitentwickelt werden können (Basili & Sanford 1991; Celikten et al. 2012). Die rein kognitiv-konstruktivistische Sichtweise auf den *Conceptual Change* wurde schließlich durch die sozial-konstruktivistische Sichtweise ergänzt, die sozialen Interaktionen, die Lernumwelt und andere Kontexteffekte miteinbezieht (Caravita & Halldén 1994; Duit & Treagust 1998; Hausfather 1996; Lange & Ewerhardy 2014; Möller 2013; Vygotsky 1978).

Darüber hinaus wird der klassische Conceptual-Change-Ansatz kritisiert, weil er annimmt, dass Lernende über kohärente Vorstellungen verfügen, die sich beim Lernen wie Paradigmen in der Wissenschaftsgeschichte verändern. Im Unterschied dazu argumentiert diSessa (1988), dass Vorstellungen von Lernenden aus vielen Fragmenten, sogenannten p-primes („phenomenological primitives“) bestehen (*knowledge in pieces*). Die p-primes sind selbsterklärend, stehen nur lose zueinander und können je nach Kontext unterschiedlich stark aktiviert werden. Außerdem können sie sich widersprechen. Nach dem Fragmentierungsansatz von diSessa (1988) werden die unverbundenen Vorstellungen (p-primes) erst im Laufe des Lernprozesses mit anderen p-primes in ein kohärentes Vorstellungssystem gebracht. Der Prozess verläuft häufig über Zwischenzustände, bei denen die Vorstellungen noch nicht vollständig integriert sind. Dementsprechend ist der *Conceptual Change* ein aufbauender Integration- und Organisationsprozess (diSessa 1988; diSessa 2013; diSessa et al. 2004; Kali et al. 2011).

Dem Ansatz von diSessa (1988) steht der Rahmentheorieansatz von Vosniadou (1994) gegenüber. Vosniadou (1994) geht davon aus, dass bereits junge Lernende über kohärente Rahmentheorien (framework theory) verfügen, die im hohen Maße resistent gegenüber Veränderungen sind. Die allgemeinen Rahmentheorien beruhen auf Erfahrungen in der frühen Kindheit. Sie bestehen aus ontologischen und epistemologischen Grundannahmen und bestimmen über die spezifischen Theorien zu einem Thema (Krüger 2007). Wird im Unterricht neues Wissen vermittelt, dann werden die neuen inhaltsspezifischen Vorstellungen in die vorhandene Rahmentheorie aufgenommen bzw. auf der Grundlage der Rahmentheorie interpretiert. Die Interpretationsrahmen der Theorie schränkt die Entwicklung der Vorstellungen entsprechend ein, wodurch ein direkter Gang zur wissenschaftlich adäquaten Vorstellung behindert wird. So konstruieren Kinder häufig „synthetische Modelle“ (Mischvorstellungen), die nicht vollständig mit den wissenschaftlichen Vorstellungen übereinstimmen (Vosniadou & Brewer 1992). Die „synthetischen Modelle“ stellen Übergangszustände dar, die im Laufe von weiteren Lernprozessen modifiziert werden können. Aus der Kohärenz-Perspektive ist der *Conceptual Change* ein langwieriger Prozess, da das ganze zusammenhängende Erklärungssystem, einschließlich der Grundannahmen und Überzeugungen, umstrukturiert wird (Vosniadou et al. 2008). Die Frage, wie die anfänglichen Vorstellungen von Kindern beschaffen sind (fragmentiert oder kohärent) und ob *Conceptual Change* eher ein Integrationsprozess oder ein Umstrukturierungsprozess ist, wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Für beide

Ansätze gibt es empirische Indizien (diSessa et al. 2004; Vosniadou et al. 2008).

Ein anderer Conceptual-Change-Ansatz ist der Kategorisierungsansatz von Chi (1992). Chi et al. (1994) unterscheidet verschiedene *ontologische* Kategorien wie „Dinge“ und „Prozesse“. Fehlvorstellungen gehen nach diesem Ansatz damit einher, dass Lernende Konzepte einer falschen Kategorie zuordnen (ontologische Kategorisierungsfehler). Der Lernende kann eine Kategorie auch überhaupt nicht kennen. Dem Kategorisierungsansatz zu Folge bestimmt der ontologische Status des Präkonzepts und des wissenschaftlichen Konzepts das Lernen. Chi et al. (1994) gehen davon aus, dass Lernen einfacher ist, wenn Präkonzepte und wissenschaftliche Vorstellungen ontologisch kompatibel sind. Demgegenüber bedingt eine ontologische Inkompatibilität der beiden Konzepte Lernschwierigkeiten. Im Kategoriesansatz kommt es zum *Conceptual Change*, wenn ein Konzept, das ursprünglich nicht oder einer falschen ontologischen Kategorie zugeordnet wurde, in die richtige ontologische Kategorie „verschoben“ wird (Chi et al. 1994; Ferrari & Chi 1998). Abschließend soll noch auf die große unterrichtliche Bedeutung des Begriffslernen und -lehren hingewiesen werden (Graf 1989). Schließlich kann auch ein verändertes begriffliches Verständnis der Lernenden als Konzeptwechsel (*Conceptual Change*) aufgefasst werden (Graf & Hamdorf 2011).

Begriffsklärung und Folgerungen für die vorliegende Forschungsarbeit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die ursprüngliche Ansicht zum *Conceptual Change* im Sinne eines radikalen Konzeptwechsels in der heutigen Lehr-Lernforschung als überholt angesehen wird (Krüger 2007; Lange & Ewerhardy 2014). Es besteht heute weitgehend Übereinstimmung, dass Vorstellungen der Lernende nicht einfach ausradiert und durch die wissenschaftlichen Vorstellungen ersetzt werden können (Krüger 2007). Heute wird der *Conceptual Change* als Vorstellungsentwicklungsprozess betrachtet, bei dem die vorhandenen Vorstellungen mit den vermittelten Vorstellungen schrittweise angereichert und reorganisiert bzw. umstrukturiert werden (Möller 2013; Vosniadou & Ioannides 1998). Die Umstrukturierungs- bzw. Organisationsprozesse verlaufen häufig über Zwischenvorstellungen und benötigen Zeit. Auch aus diesen Gründen sollte der *Conceptual Change* nicht als abrupter bzw. plötzlicher Vorstellungswechsel missverstanden werden. Im Sinne der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens wird heute vielfach die Bezeichnung „*conceptual reconstruction*“ favorisiert (Kattmann 2005; Krüger 2007). Diesem Ansatz folgend wird *Conceptual Change* in der vorliegenden

Arbeit auch als *Rekonstruktion von Vorstellungen* verstanden und allgemein als „Vorstellungsentwicklung“ bezeichnet. Der Terminus „Vorstellungsentwicklung“ impliziert *nicht*, dass ein Auslöschen oder Ersetzen der vorhandenen Vorstellungen stattfindet. Die Vorstellungsentwicklung wird ferner als kontextgebunden und kognitiv anspruchsvoll angesehen. Lernende müssen in lernförderlichen Lernumgebungen motiviert und selbst aktiv sein, um individuelle Lernwege begehen zu können. Lernende rekonstruieren ihre Vorstellungen *individuell*, wobei kooperative Prozesse (kooperatives Lernen) die individuellen Rekonstruktionsprozesse fördern können. Die individuellen Vorstellungsentwicklungsprozesse werden hier nicht als gleichartig betrachtet. Angelehnt an Chinn & Samarapungavan (2009) wird in der vorliegenden Arbeit ein pluralistischer und multikonzeptueller Ansatz zugrunde gelegt, der verschiedene Faktoren, Wege und Mechanismen als Erklärung für die Vorstellungsentwicklungen in Betracht zieht.

1.3 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Der Forschungsrahmen der vorliegenden Arbeit ist das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Abbildung 1), das in zahlreichen Fachdidaktiken erfolgreich verwendet wird (Kattmann 2007b; Kattmann et al. 1997). Dem didaktischen Modell liegt der Gedanke zugrunde, dass Schülervorstellungen und Wissenschaftlervorstellungen bei der Planung von Unterricht nicht isoliert betrachtet werden sollten. So ist es aus der Sicht der Lehr-Lernforschung wenig gewinnbringend, wenn das Fachwissen aus der wissenschaftlichen Forschung „einfach so“, also ohne Blick auf die Schülerinnen und Schüler, im schulischen Kontext vermittelt wird. Ebenso wenig sinnvoll ist es, den Forschungsstand der Fachdisziplin bei der Vermittlung von Unterrichtsinhalten unberücksichtigt zu lassen. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion besteht daher aus drei Komponenten, die wechselseitig eng miteinander in Beziehung stehen: Die *fachliche Klärung*, die *Erfassung von Lernerperspektiven* und die *didaktische Strukturierung* (Kattmann et al. 1997).

Bei der *fachlichen Klärung* des Unterrichtsgegenstandes werden die Erkenntnisse, Methoden, Fachbegriffe und Theorien der Fachwissenschaftler betrachtet und im Hinblick auf die Vermittlung untersucht. Bei der *Erfassung der Lernerperspektive* geht es um die Erhebung der Voraussetzungen der Lernenden, auch Lernpotential-Diagnose genannt (Kattmann 2015). Hierbei werden insbesondere die Vorstellungen der

Schülerinnen und Schüler in den Blick genommen. Dabei steht der *qualitative Zugang* zu den Schülervorstellungen im Vordergrund, der interpretativ und kontextspezifisch ist. Die *Quantitäten* der erhobenen Vorstellungen sind von geringerer Bedeutung (Kattmann et al. 1997). Der wesentliche Kern des Modells ist, dass die einzelnen Komponenten (die fachliche Klärung, die Erfassung der Lernerperspektive und die didaktische Strukturierung) wechselseitig aufeinander bezogen werden (Abbildung 1). Die fachlich geklärten wissenschaftlichen Vorstellungen und die erhobenen Schülervorstellungen werden miteinander abgeglichen und Leitlinien und Lernangebote für einen lernförderlichen Unterricht entwickelt (Kattmann et al. 1997; Nerdel 2017).

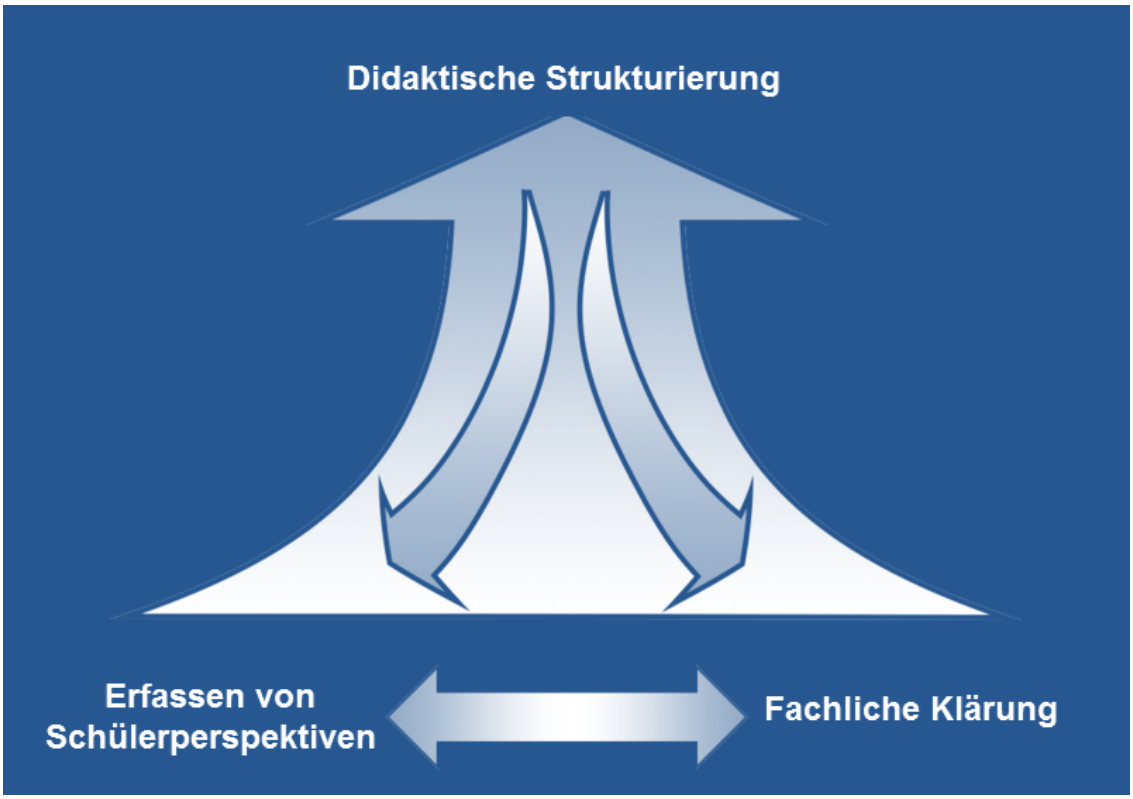


Abbildung 1: Modell der Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997). Im Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion werden unter Berücksichtigung der Schülervorstellungen und der fachlichen Vorstellungen Lehr-Lernangebote entwickelt (Didaktische Strukturierung). Die drei Modellkomponenten (fachliche Klärung, Schülerperspektiven, didaktische Strukturierung) beziehen sich wechselseitig aufeinander.

Die didaktische Rekonstruktion wird in der vorliegenden Arbeit mit dem praxisnahen Ansatz der fachdidaktischen Entwicklungsforschung verknüpft, der auf die Erforschung und Gestaltung der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler fokussiert (Prediger et al. 2012). Die qualitative Erfassung der individuellen Vorstellungsentwicklungsprozesse in

komplexen Unterrichtsituationen, als Teil der *Erfassung der Lernerperspektive*, hilft wiederum bei der didaktischen Rekonstruktion und der Verbesserung der Lehr-Lernangebote, sodass schließlich praxistaugleiche Lehr-Lernprodukte entstehen können. Zugleich können bei der Erforschung lokale Theorien zu den beteiligten Lehr-Lernprozessen gewonnen werden (Prediger et al. 2012). Außerdem können die didaktisch strukturierten Entwicklungsprodukte im Rahmen der intervenierenden Didaktik im Hinblick auf den Vermittlungserfolg qualitativ evaluiert werden. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf die Lernförderlichkeit und praktische Tauglichkeit der Entwicklungsprodukte im schulischen Lernumfeld ziehen.

2 Wissenschaftliche Vorstellungen zur Evolution

In diesem Kapitel wird die fachwissenschaftliche Perspektive zur Evolution, die für die fachliche Klärung erforderlich ist, in Grundzügen skizziert. Zum einen *beschreibt* die Evolutionsbiologie die Entwicklung und die verwandtschaftlichen Zusammenhänge der Organismen im Laufe der Erdgeschichte, zum anderen *erklärt* sie wie die Vielfalt und die Merkmale der Lebewesen entstanden sind. Bei der fachlichen Darstellung der Evolution wird daher zwischen der Evolutionsgeschichte und den zugrundeliegenden Mechanismen – dem Zusammenspiel der verschiedenen Evolutionsfaktoren (Mutation, Rekombination, Selektion, Isolationsmechanismen) – unterschieden. Da die evolutionsbiologische Vermittlung im Primarbereich nicht auf die Behandlung komplexer Evolutionsmechanismen abzielt, beschränkt sich die folgende fachliche Darstellung auf die Evolutionsgeschichte und die *grundlegenden* evolutionsbiologischen Schlüsselkonzepte. Die Humanevolution wird dabei detaillierter betrachtet, da sie ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildet. Zunächst wird eine Gesamtschau auf das Phänomen Evolution gegeben.

2.1 Ein Überblick über die Evolutionsgeschichte

Bei der Evolutionsgeschichte ist zwischen der physikalischen, chemischen, biologischen und kulturellen Evolution zu differenzieren. Am Beginn steht die *kosmische* Evolution (Lemaître 1931; Oberhummer 2014; Ulmschneider 2014). Nach dem kosmologischen Standardmodell entstand das Universum vor rund 13,8 Milliarden Jahren und *expandiert* ab initio (Urknall). Die *chemische* Evolution befasst sich mit den möglichen chemischen Rektionswegen, die zur Entstehung des ersten Lebens geführt haben (Rauchfuß 2005). Zum Ursprung des Lebens werden unterschiedliche geologische Sets in Betracht gezogen, zu denen im Rahmen der Abiogeneseforschung zahlreiche wissenschaftliche Hypothesen formuliert wurden (u.a. die Ursuppen-Hypothese, Vulkanschlot-Hypothese, Meer-Eis-Hypothese, Panspermie-Hypothese). Diese und andere Hypothesen werden derzeit intensiv von Wissenschaftlern erforscht. Grundsätzlich wird die Entstehung des Lebens als ein schrittweiser, komplexer natürlicher Prozess angesehen, der zwar prinzipiell und auf einige Teilabläufe bezogen recht gut beschreibbar ist, aber nach wie vor zahlreiche Fragen offenlässt und kontrovers diskutiert wird (Pressman et al. 2015; Rauchfuß 2005; Sutherland 2017).

Die *biologische* Evolution bezeichnet den Wandlungsprozess des Lebens. Die

biologische Evolutionsgeschichte, die in der vorliegenden Forschungsarbeit im Mittelpunkt steht, beginnt beim *gemeinsamen* Ursprung aller Lebewesen (Theobald 2010). Die ersten Lebewesen, von denen alle heute lebende Organismen abstammen, sind Einzeller (Prokaryoten), die vor rund 3,8 Milliarden Jahren (Paläoarchaikum) gelebt haben. Sie werden auch als LUCA („last universal common ancestor“) bezeichnet. Von LUCA selbst gibt es keine direkten Fossilien. Die bestmöglichste Rekonstruktion von LUCA ergibt sich aus Genomvergleichen von heute lebenden Prokaryoten. Folgt man den Ergebnissen der Genomvergleiche, waren die Vorfahren aller heute lebender Organismen (LUCA) thermophil, anaerob, H_2-abhängige, CO_2- und N_2-fixierdende Einzeller, die wahrscheinlich in einer geochemisch aktiven Umgebung (Hydrothermalquellen) gelebt haben und mit Hunderten von Genen bereits recht komplex aufgebaut waren (Weiss et al. 2016). Aus der evolutionären Perspektive sollte LUCA nicht als die älteste Lebensform angesehen werden. Es ist naheliegend, dass vor LUCA einfachere Lebensformen existierten. Diese lassen sich mit den jetzigen DNA-Sequenzen allerdings nicht zufriedenstellend rekonstruieren. Jüngste Funde deuten auf erste Lebensformen vor mindestens 3,9 Milliarden hin (Tashiro et al. 2017)[1]. Hervorzuheben ist, dass der längste Teil der biologischen Evolutionsgeschichte ausschließlich von Prokaryoten (zelluläre Lebewesen ohne Zellkern) bestimmt wurde. Die damals lebenden Prokaryoten veränderten die Bedingungen auf der Erde ganz entscheidend, indem sie (Cyanobakterien) Sauerstoff als Abfallprodukt der Photosynthese freisetzten. Der freie Sauerstoff führte zunächst zu einem Massenaussterben (große Sauerstoffkatastrophe), war aber rückblickend gesehen die Voraussetzung für die Entstehung eukaryotischer Zellen und schließlich komplexer vielzelliger Lebewesen (Boenigk & Wodniok 2014; Knoll & Nowak 2017; Lyons et al. 2014).

Eukaryoten entwickelten sich im Verlauf der Evolution erst relativ spät. Die bisher ältesten Indizien für Eukaryoten stellen Mikrofossilien dar, die auf rund 1,6 Milliarden Jahre datiert werden (Bengtson et al. 2017)[2]. Aus dem gemeinsamen eukaryotischen

[1] Gesichert reichen Mikrofossilien bis rund 3,5 Milliarden Jahre und Chemofossilien (chemische Spuren von Lebewesen) bis rund 3,8 Milliarden zurück. Die ältesten Zeugnisse (Mineralien) stellen die detritische Zirkone der Jack Hills (Westaustralien) dar, die teilweise auf 4.4 Milliarden Jahren datiert werden. Kohlenstoff-Isotopensignaturen von 4,1 Milliarden Jahren alten Zirkonen könnten als Anzeichen gesehen werden, dass Lebensformen bereits vor über 4 Milliarden Jahre existierten (Bell et al. 2015). Neue Funde, die als „fossilisierte Mikroorkanismen“ interpretiert werden, sind zwischen 3,77-4,28 Milliarden Jahre alt (Dodd et al. 2017).

[2] Die zeitlichen Schätzungen zum Alter der letzten gemeinsamen Vorfahren aller Eukaryoten (LECA) variieren stark. Es gibt Untersuchungen, die auf 2,3 Milliarden Jahre oder sogar rund 2,7 Milliarden Jahre hindeuten (Brocks et al. 1999). Die Daten sind allerdings sehr umstritten (French et al. 2015).

Vorfahren haben sich alle späteren Pilze (Fungi), Pflanzen (Plantae) und Tiere (Metazoa) entwickelt. Fossilien vielzelliger Tiere lassen sich erstmals am Ende des Präkambriums vor 600-540 Millionen Jahre nachweisen. Allerdings sind die verschiedenen präkambrischen Fossilien aus der Ediacara-Fauna nur schwer zu interpretieren, und die Verwandtschaft zu den heute lebenden Tieren ist größtenteils umstritten (Waggoner 2003). Sie werden u.a. als Vorläufer der heutigen Schwämme (Porifera), Nesseltiere (Cnidarier), Gliederfüßer (Arthropoden), Ringelwürmer (Anneliden) und Weichtiere (Mollusken) angesehen.

Die meisten Lebewesen der Ediacara-Fauna waren weichkörperig. Erst am Ende des Präkambriums entstanden mehr und mehr Tiere mit mineralisierten Harteilen (Schalen), die ein höheres Potential hatten zu fossilisieren (Boenigk & Wodniok 2014). Die Fauna am Ende des Präkambriums und zu Beginn des Kambriums wird auch als kleinschalige Fauna („Small-Shelly-Fauna“) bezeichnet. Während der kambrischen Radiation stieg die Artenvielfalt an. Es entwickelten sich die meisten heute noch existierenden Tierstämme[3], wobei die basale Aufspaltung der Tierstämme wohl schon im Präkambrium begann (Erwin et al. 2011). Die Fossilienüberlieferung aus dem Kambrium wird von Trilobiten und Armfüßern (Brachipoden) dominiert, aber auch riffbauende Tiergruppen (Archaeocyathiden), Mollusken, Stachelhäuter (Echinodermen) und frühe Wirbeltiere (z.B. *Haikouichthys* und *Myllokunmingia*) waren in den kambrischen Meeren verbreitet (Storch et al. 2013a).

Über die meiste Zeit der Evolutionsgeschichte hinweg spielte sich das Leben hauptsächlich im Wasser ab[4]. Das änderte sich spätesten im frühen Ordovizium (vor rund 480 Millionen Jahren) als es zum Landgang der Pflanzen kam, die ursprünglich aus Grünalgen entstanden waren (Morris et al. 2018). Als sich die ersten moosartigen Pflanzen mit symbiotischen Pilzen auf dem Festland ausbreiteten, erfolgte wahrscheinlich auch der Landgang der ersten Gliedertiere (Arthropoden). Sehr wahrscheinlich vollzogen die Gliedertiere den Landgang im Laufe ihrer Stammesgeschichte sogar mehrmals unabhängig (u.a. Hexapoden, Myriapoden und Spinnentiere) und zu verschiedenen Zeiten

[3] Porifera, Bryozoa, Cnidaria, Plathelminthes, Nematoda, Brachiopoda, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Chordata.

[4] Schon bevor Pflanzen und Tiere den Landgang vollzogen, gab es mikrobielle Matten und Eukaryoten an Land. Über die ersten terrestrisch lebenden eukaryotischen Organismen ist allerdings nur sehr wenig bekannt (Strother et al. 2011)

(Lozano-Fernandez et al. 2016).

Die ersten Amphibien evolvierten lange vor den Dinosauriern. In der Zeit des Devons entstanden aus wasserlebenden, urtümlichen Knochenfischen die ersten Landwirbeltiere, die Ur-Amphibien. Inzwischen wurden zahlreiche Fossilien entdeckt (*Eusthenopteron*, *Panderichthys*, *Elginerpeton*, *Tiktaalik*, *Ventastega*, *Acanthostega*, *Ichtyostega, Pederpes)*, die diesen Großübergang gut nachvollziehbar machen (Clack 2009; Daeschler et al. 2006, Prothero 2008). Durch die „Wasser-Land-Transformationen" entstanden im Devon mehr und mehr komplexere terrestrische Gemeinschaften, die aus Pflanzen, Pilzen und Tieren bestanden. Im Karbon war die Pflanzenwelt von riesigen, dichten Wäldern aus baumförmigen Bärlappen, Farn- und Schachtelhalmgewächsen geprägt. In der reichhaltigen Vegetation und einer Erdatmosphäre mit sehr hohen Sauerstoffwerten (von über 30 Prozent) entwickelten sich die größten Arthropoden aller Zeiten. Die gigantischen Insekten der ausgestorbenen *Magneura-Gattung* (mit einer Flügelspannweite von 75 cm) und die bis zu 2,5 m langen Vertreter der *Arthropleura-Gattung,* die den Tausendfüßern verwandtschaftlich nahesteht, sind zum Beispiel aus dieser Zeit bekannt (Kutschera 2015; Storch et al. 2013a).

Während die terrestrische Wirbeltierfauna im Erdaltertum (Paläozoikums) von urtümlichen Amphibien bestimmt wurde, wurde sie nach dem großen Massenaussterben an der Perm-Trias-Grenze vor 252 Millionen Jahren von den „Reptilien"[5] dominiert. Durch das amniotische Ei waren sie unabhängiger vom Wasser und konnten neue Lebensräume erschließen (Boenigk & Wodniok 2014). Die „Reptilien" waren außerordentlich vielfältig und erreichten teilweise gigantische Größen, wie beispielsweise die Dinosaurier (z.B. die Riesenformen *Brachiosaurus* und *Tyrannosaurus*). Die ältesten Ur-Dinosaurier sind in Gesteinsschichten vor rund 230 Millionen Jahren nachweisbar. Es waren relativ kleine Dinosaurier (u.a. *Eoraptor).* Im Laufe ihrer Evolution entwickelten sich viele unterschiedliche Formen (siehe u.a. Kutschera 2015; Storch et al. 2013a). Im engen Zusammenhang mit der Entwicklung der Dinosaurier steht auch der Ursprung der Vögel (Aves) im oberen Jura. Inzwischen ist der evolutionäre Übergang zu den Vögeln gut dokumentiert. Er vollzog sich mit *Archaeopteryx* und

[5] Die Reptilien der traditionellen Systematik stellen keine natürliche Abstammungsgemeinschaft unter den Amnioten dar (paraphyletische Gruppe), weil die Vögel (Aves) von der Gruppe der Reptilia ausgeshlossen wurden. Die Reptilien und Vögel gehören tatsächlich zur Abstammungsgemeinschaft (Monophylum) der Sauropsiden (Kozlik et al. 2013).

anderen gefiederten Dinosauriern (Theropoden) (Brusatte et al. 2015; Chiappe 2009).

Das „Zeitalter der Reptilien“ wurde von weiteren bedeutsamen Entwicklungen geprägt, unter anderem der Evolution der Schildkröten (Testudines). Lange Zeit waren Fossilfunde von Schildkröten, insbesondere aus der Anfangsphase ihrer Evolution, äußerst spärlich. Mittlerweile sind mehrere Fossilien gefunden worden, die Licht auf ihre Evolutionsgeschichte werfen. Aus der Triaszeit sind erste Ur-Schildkröten bekannt, die noch keinen richtigen Rückenpanzer besaßen (u.a. *Pappochelys, Odontochelys*) (Schoch & Sues 2015). Neben den Dinosauriern und Schildkröten entfalteten sich in der Jura- und Kreidezeit außerdem die ursprünglichen Krokodile, Echsen und Schlangen (Boenigk & Wodniok 2014). Die ersten Eidechsen-ähnlichen Schlangen lebten am Anfang der Kreide, vor rund 130 Millionen Jahren. Im Laufe der Evolution verloren die Schlangen ihre Gliedmaßen und gingen zur kriechenden Lebensweise über (Hsiang et al. 2015). In den Meeren der Kreidezeit waren Mosasaurier, riesige Ammoniten und die echten Knochenfische (Teleostei) typische Vertreter (Storch et al. 2013a). In der Pflanzenwelt dominierten im Jura die Gymnospermen (Nadelwälder, Ginkgogewächse, Palmfarne). Erst später, in der Kreidezeit, diversifizierten die Blütenpflanzen (Angiospermen), die vor rund 120 Millionen Jahren zunehmend mit Bestäuberinsekten ko-evolvierten (Cardinal & Danforth 2013).

An der Kreide-Tertiär-Grenze vor rund 65 Millionen Jahren kam es erneut zu einem Massensterben, das wahrscheinlich durch einen Asteroiden verursacht bzw. mitverursacht wurde und die (nichtvogelartigen) Dinosaurier zum Aussterben brachte (Storch et al. 2013a). In den freiwerdenden Nischen entfalteten sich dann die diversen Säugetier-gruppen der Erdneuzeit, die auf kleine Ur-Säuger zurückgehen, welche „im Schatten der Dinosaurier“ entstanden waren. Auch die Blütenpflanzen und Vögel entfalteten sich weiter. Die Evolutionsgeschichte vieler Säugetierordnungen ist dank zahlreicher Fossilfunde relativ gut dokumentiert (u.a. Evolution der Wale und Pferde) (Prothero 2017). Die Säugetiere entwickelten sich nicht nur an Land, sondern „gingen“ im Laufe der Evolution auch sekundär ins Meer zurück (Wale, Seekühe, Robben) (Kelley & Pyenson 2015). Im frühen Eozän (vor rund 55 Millionen Jahren) treten im Fossilbericht erstmals Vertreter der Primaten auf, wobei der evolutionäre Ursprung der Primaten wohl schon früher, wahrscheinlich spätestens vor 65 Millionen Jahren, begann (Williams et al.

2010)[6]. Die biologische Vergangenheit des Menschen, die eng mit der Evolution der überwiegend in den Bäumen lebenden Primaten zusammenhängt, wird im Kapitel 2.3 näher betrachtet.

2.2 Schlüsselkonzepte der Evolutionsbiologie

Wie aus der Betrachtung der Evolutionsgeschichte deutlich wird, ist das zentrale und grundlegende Schlüsselkonzept der Evolutionsbiologie ist die Auseinanderentwicklung der Lebewesen im Verlauf der Erdgeschichte. Der Fossilbericht zeigt eindeutig, dass Organismen und ihre Lebensräume wandelbar sind (*Veränderlichkeit der Lebewesen*). Die Evolutionsgeschichte ist dynamisch. Sie ist durch die fortwährende Entstehung neuer Arten und durch das Aussterben von vorhandenen Taxa gekennzeichnet (Futuyma et al. 2009; Prothero 2017). Zwei weitere grundlegende Schlüsselkonzepte der Evolutionsbiologie sind die *evolutionäre Verwandtschaft* (Verwandtschaftstheorie) und die *evolutionäre Abstammung* der Lebewesen (Abstammungstheorie). Die Vorstellung, dass alle Lebewesen einen gemeinsamen Ursprung haben, ist nicht zwingende Konsequenz der Abstammungstheorie. Schon Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) vertrat eine Abstammung der Lebewesen. Allerdings ging Lamarck mit seiner Transformationstheorie basierend auf dem Stufenleiterprinzip (Scala Naturae) von aufsteigenden, parallelen Abstammungslinien ohne gemeinsame Vorfahren aller Organismen aus (Futuyma et al. 2009). Beide Konzepte, die evolutionäre Abstammung und die evolutionäre Verwandtschaft, sind erst mit der von Darwin ausgearbeiteten *Deszendenztheorie* eng miteinander verbunden: Alle Lebewesen stammen in Ahnenreihe von früheren Lebewesen ab und sind durch die gemeinsame Abstammung miteinander evolutionär verwandt (Kattmann 2017b).

Durch die *Deszendenztheorie* wird die abgestufte Ähnlichkeit und Vielfalt der Lebewesen evolutionär begreifbar. Zurückgehend auf Darwin (1859) wird die Stammesgeschichte in Form eines phylogenetischen Baums (Stammbaum) dargestellt. In einem Stammbaum sind zwei Arten umso näher miteinander verwandt, je kürzer zurück ihr letzter gemeinsamer Vorfahre liegt, von dem sie beide abstammen. Neben der Aufklärung der Verwandtschaftsverhältnisse, stellen Stammbäume eine wichtige Basis dar, um die Evolutionsgeschichte nachvollziehbar beschreiben zu können. Das *Stammbaumdenken*

[6] Datierungen, die auf molekularen Daten beruhen, reichen bis 80-90 Millionen Jahre zurück (Tavaré et al. 2002).

und -lesen ist daher eine ganz elementare Schlüsselfähigkeit, um evolutionäre Zusammenhänge richtig zu verstehen (Baum & Offner 2008; Gregory 2008).

Ein weiteres grundlegendes Konzept der Evolutionsbiologie ist die *evolutionäre Angepasstheit* von Lebewesen. Die Angepasstheit von Lebewesen an ihren Lebensraum ist das Ergebnis von evolutionären Anpassungsprozessen, die mit dem Wirken der *natürlichen Selektion* erklärbar sind (Darwin 1859). Die evolutionären Angepasstheiten können morphologische und physiologische Merkmale, aber auch Verhaltensmerkmale sein. Voraussetzung für den Anpassungsprozess ist die biologische *Variation***.** Wenn alle Individuen in einer Population uniform wären, gäbe es keine natürliche Selektion und auch keine Evolution. Wie Jeßberger (1990) hervorhebt, bildet das Erkennen der Einzigartigkeit jedes Lebewesens die Grundlage für das Populationsdenken und ist damit ein zentraler *„Ausgangspunkt für evolutive Anschauungen*". Das Konzept der Variation ist entscheidend für das kausale Evolutionsverständnis, da es den generativen Prozess der Evolution umfasst (u.a. Batzli et al. 2016; Hallgrímsson & Hall 2005; Peterson & Müller 2016).

2.3 Die Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten

„Die Frage aller Fragen für die Menschheit – das Problem, welches allen anderen übrigen zu Grunde liegt und welches tiefer interessiert als irgendein anderes –, ist die Bestimmung der Stellung, welcher der Mensch in der Natur einnimmt, und seine Beziehung zu der Gesamtheit der Dinge" (Huxley 1863; S.100).

2.3.1 Die Stellungen der Menschen im System der Lebewesen

Die Stellung des Menschen im natürlichen System der Lebewesen lässt sich eindeutig bestimmen. *Homo sapiens* ist biologisch gesehen ein Säugetier und eine der über 400 heute noch lebenden Primatenarten (Estrada et al. 2018; Grupe et al. 2012). Wie alle Primaten besitzen die Menschen neben den ursprünglichen Säugetiermerkmalen eine Kombination aus typischen Primatenmerkmalen. Dazu gehört, dass Menschen wie alle Primaten nach vorne gerichteten Augen haben, die das räumliche (stereoskopisches) Sehen ermöglichen. Ebenfalls besitzen sie fünfstrahlige Greifhände und Füße mit flachen Nägeln (anstelle von Krallen), Fingerabdrücke und ein im Verhältnis zum Körpergewicht relativ großes Gehirn. Darüber hinaus bringen Primaten gewöhnlich nur wenige Jungtiere auf die Welt, die sich nur langsam entwickeln, was mit einem hohen Elterninvestment

verbunden ist (Burda et al. 2014; Grupe 2012).

Schon Carl von Linné hat die große körperliche Ähnlichkeit zwischen den Menschen und den anderen Primaten erkannt und *Homo sapiens* in der zehnten Auflage seiner *Systema Naturae* (1758) in die Säugetierordnung der Primaten gestellt, obwohl er von der getrennten Erschaffung der Arten und ihrer Unveränderlichkeit (Konstanz der Arten) ausging (Engels 2007; Ingensiep 2013; Junker 2006). Erst Darwin sorgte für den entscheidenden revolutionären Schritt, indem er erfasste, dass auch der Mensch ein Produkt eines ziellosen Evolutionsprozesses ist und von anderen Tieren abstammt. Darwin schuf damit ein neues Welt- und Menschenbild (Kattmann 1994; Mayr 2000; Wuketits 2005). In diesem Menschenbild wird der Mensch nicht mehr als Teil einer von den übrigen Tieren losgelösten Sonderschöpfung oder Sonderentwicklung betrachtet. Seit der Darwin`schen Revolution wurde der Ursprung des Menschen im Kontext der Evolution der Primaten, insbesondere der Menschenaffen, gesehen (Darwin 1871; Grupe et al. 2012; Kattmann 1997).

Die Stammesgeschichte der Primaten ist reich verzweigt (Storch et al. 2013b). Man unterscheidet zwei übergeordnete taxonomische Gruppen, die Trockennasenaffen (Haplorrhini) und die Feuchtnasenaffen (Strepsirrhini). Zu den Feuchtnasenaffen, die in Madagaskar, Afrika und Asien vorkommen, gehören die Fingertiere, Lemuren (Lemuriformes) und die Loriartigen (Loris und Galagos). Zu den Trockennasenaffen gehören die Koboldmakis (die früher zu den „Halbaffen“ gezählt wurden) und die Anthropoiden (Anthropoidea bzw. Simiiformes). Die Anthropoiden sind die „eigentlichen Affen“. Man teilt sie weiter in die Neuweltaffen (Breitnasenaffen) und die Altweltaffen (Schmalnasenaffen) auf. Die Altweltaffen klassifiziert man wiederum in die geschwänzten Altweltaffen (Cercopithecoidea) und die Menschenartigen (Hominoidea). Die Menschenartigen umfassen die Kleinen (Gibbons) und die Großen Menschenaffen. Die Menschen werden schließlich in die Familie der Großen Menschenaffen eingeordnet. Alle Menschen sind biologisch betrachtet Affen, genauer: *Menschenaffen* (Burda et al. 2014; Groves 2017; Grupe et al. 2012).

2.3.2 Die Großen Menschenaffen

Zu den Großen Menschenaffen (Hominidae) gehören die vier Gattungen *Pongo* (Orang-Utans), *Gorilla* (Gorillas), *Pan* (Schimpansen) und *Homo* (Menschen). Dabei schließen

die Familie der Hominidae unter Berücksichtigung der Fossilfunde auch die früheren Menschenaffen, also die ausgestorbenen Verwandten (z.B. *Homo neaderthalensis*), mit ein (Burda et al. 2014; Grupe et al. 2012).

Orang-Utans (Pongo)

Zur rezenten Gattung der Orang-Utans, die auf den südostasiatischen Inseln Sumatra und Borneo verbreitet sind, zählen die Borneo-Orang-Utans (*Pongo abelii*) und die zwei Orang-Utan-Arten auf der Insel Sumatra (*Pongo pygmeaeus* und *Pongo tapanuliensis*). Die südlicher lebende Population (*Pongo tapanuliensis)* wird erst seit 2017 aufgrund von morphologischen, verhaltensbiologischen und genetischen Untersuchungen als eigene Art angesehen (Nater et al. 2017).

Gorillas (Gorilla)

Zu den heute lebenden afrikanischen Menschenaffen gehören die Gorillas. Man unterscheidet zwei Arten: den Westlichen Gorilla (*Gorilla gorilla*) und den Östlichen Gorilla (*Gorilla beringei*). Jede dieser getrennt voneinander lebenden Gorilla-Arten kann man wiederum in zwei Gorilla-Unterarten unterteilt, die sich in morphologischen Details unterscheiden: den Westlichen Flachlandgorilla (*Gorilla gorilla gorilla*), den Cross-River-Gorilla (*Gorilla gorilla diehli*) sowie den Östlichen Flachlandgorilla (*Gorilla beringei*) und den Berggorilla (*Gorilla beringei beringei)* (Xue et al. 2015).

Schimpansen (Pan)

Zu den rezenten Schimpansen gehören die gemeinen Schimpansen (*Pan troglodytes*) und die Bonobos (*Pan paniscus*), die auch als Zwergschimpansen bezeichnet werden[7]. Die Schimpansen sind im mittleren Afrika verbreitet. Während die Bonobos nur in den dichten und feuchten Regenwäldern südlich des Kongo-Flussbogens vorkommen, haben die gemeinen Schimpansen ein weiteres Verbreitungsgebiet. Sie leben nördlich und östlich des Kongo-Flusses in Regen- und Bergwäldern sowie zwischen Wäldern und Savannenlandschaften. Aufgrund ihrer geographischen Diversifikation (hauptsächlich durch Flüsse) unterteilt man die gemeinen Schimpansen in vier Unterarten: die westafrikanischen Guinea-Schimpansen (*Pan troglodytes verus),* die Nigeria-Kamerun-Schimpansen (*Pan troglodytes ellioti*) und die zentral und ostafrikanischen Populationen (*Pan troglodytes troglodytes* und *Pan troglodytes schweinfurthii*). In Bezug auf die

[7] Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die „gemeinen Schimpansen" (*Pan troglodytes*) vereinfacht als „Schimpansen" und die „Zwergschimpansen" (*Pan paniscus)* als „Bonobos" bezeichnet.

Variation zwischen den nördlichen und südlichen Populationen von *Pan t. schweinfurthii* schlägt Groves (2005) eine weitere Unterart (*Pan troglodytes marungensis*) vor. Die Klassifizierungen der Unterarten sind allerdings umstritten (Becquet et al. 2007; Fischer et al. 2006; Gonder et al. 2011)[8]. Die genetische Diversität ist bei den Schimpansen weitaus größer als beim Menschen (Gagneux et al. 1999; Prado-Martinez et al. 2013).

Menschen (Homo)

Der anatomisch moderne Mensch (*Homo sapiens*) ist die einzige rezente Art der Gattung *Homo*. Obgleich sich Menschen in vielen Merkmalen unterscheiden können (u.a. Körpergröße, Hautfarbe, Morphologie des Gesichts) und weltweit verbreitet sind, sind die Menschen als Ganzes gesehen genetisch außerordentlich homogen (Burda et al. 2014; Kaessmann et al. 2001; Li & Sadler 1991). Die größte genetische Vielfalt lässt sich innerhalb menschlicher Populationen feststellen. Nur ein geringer Prozentsatz der genetischen Variation unterscheidet Menschen verschiedener geographischer Herkunft voneinander. Die Einteilung der Menschheit in „Rassen" wird in den Biowissenschaften generell als überholt betrachtet. Alle Menschen sind genetisch eng miteinander verwandt und bilden eine monophyletische Gruppe (Donovan 2015; Kutschera 2015; Long & Kittles 2003, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina 2017; Serre & Pääbo 2004; Templeton 1998; Yudell et al. 2016).

Vergleicht man die rezenten Großen Menschenaffen mit allen anderen Affen, stellt man fest, dass sie schwerer und größer sind als alle anderen Affen. Außerdem sind Menschenaffen (einschließlich der Gibbons) schwanzlos und haben von allen Affen die größten, hochdifferenziertesten Gehirne, womit besondere kognitive und emotionale Fähigkeiten einhergehen (Krupenye et al. 2016; Mulcahy & Call 2006). Aufgrund der sehr ähnlichen genetischen, morphologischen, kognitiven und verhaltensbiologischen Merkmale sind die Orang-Utans, Gorillas und Schimpansen die *menschenähnlichsten Lebewesen*. Eine vergleichende Betrachtung, die den Menschen in seinem Verhältnis zu den anderen Menschenaffen in den Blick nimmt, ist grundlegend, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Menschenaffen aufzudecken und die *Biologie des Menschen* evolutionär und damit zusammenhängend begreifen zu können. Nur unter Berücksichtigung der Stammesgeschichte der Großen Menschenaffen lassen sich

[8] Arten und insbesondere Unterarten stellen keine festen, klar abgrenzbaren Einheiten dar. Sie befinden sich im Fluss der Evolution (Hey 2001). Die Diagnose unterliegt pragmatischen Gesichtspunkten, wobei morphologische, genetische, ökologische und ethologische Merkmale herangezogen werden.

Merkmale wie das menschliche Gehirn, den dauerhaft aufrechten Gang und die Wurzeln der menschlichen Kultur differenziert erklären (u.a. Barton & Venditti 2017; Kozma et al. 2018; Sousa et al. 2017; Whiten 2011). Überdies spielen die Großen Menschenaffen bei zahlreichen biomedizinischen, gesellschaftspolitischen und philosophischen Fragestellungen eine Rolle, beispielsweise bei der Erforschung von Krankheiten wie AIDS, Naturschutzmaßnahmen oder rechtlichen Forderungen (Great Ape Project) (Caldecott & Miles 2005; Cavalieri 2015; Groves 2017; Keele et al. 2006). Darüber hinaus ist die Beschäftigung mit den Großen Menschenaffen weltanschaulich herausfordernd. Wie der historische Entwicklungsprozess zeigt, spielen die Menschenaffen eine Schlüsselrolle bei der Herausbildung eines fundierten Menschen- und Weltbildes. Dadurch, dass die Menschenaffen den Graben zwischen den „Tieren" und „Menschen" überbrücken, bringen sie das herkömmliche „Tier-Mensch-Verhältnis" mit der „Sonderstellung des Menschen" ins Wanken und stoßen Denkprozesse über das eigene Selbstbild an (Ingensiep 2013; Kattmann 1994).

2.3.3 Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Menschenaffen

„Wenn wir nicht absichtlich unsere Augen schließen, so können wir nach unseren jetzigen Kenntnissen annähernd unsere Abstammung erkennen und dürfen uns derselben nicht schämen" (Darwin 1871)

Seit Huxley (1863) und Darwin (1871) wird in der Biologie angenommen, dass Menschen mit den anderen Menschenaffen gemeinsame Vorfahren teilen. Obwohl die enge Verwandtschaft der Menschenaffen schon lange augenscheinlich ist, gehörte die Frage nach den genauen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Menschenaffen bis in die jüngere Zeit hinein zu einer offenen Frage der Evolutionsforschung. Insbesondere die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Gorillas, Schimpansen und Menschen blieb lange Zeit eine nichtaufgelöste Trichotomie (Satta et al. 2000). Einen umfassenden Überblick über die unterschiedlichen historischen Vorstellungen zu den verwandtschaftlichen Beziehungen der Menschenaffen findet man bei Bradley (2008).

Heute steht nicht nur sicher fest, *ob* wir, sondern auch *wie* wir Menschen mit den anderen Menschenaffen verwandt sind (Abbildung 2)[9]. Durch zahlreiche molekulargenetische

[9] Es ist darauf hinzuweisen, dass die Verwandtschaftsverhältnisse, die in Stammbäumen abgebildete werden, immer als falsifizierbare Hypothesen zu betrachten sind. Es ist also grundsätzlich immer möglich, dass durch neue Forschungsergebnisse bestehende Hypothesen widerlegt werden (was im Fall des Menschenaffen-Stammbaums in der Vergangenheit auch geschehen ist). Zugleich muss betont werden, dass

Forschungsarbeiten hat sich herausgestellt, dass die Menschen mit den Schimpansen am nächsten verwandt sind, dann mit den Gorillas und am entferntesten mit den Orang-Utans (Locke et al. 2011; Prado-Martinez et al. 2013; Prüfer et al. 2012; Scally et al. 2012; Sibley & Ahlquist 1987; Wall 2013; Xue et al., 2015). Betrachtet man den Stammbaum aus der Perspektive der Schimpansen, dann sind nicht etwa die Gorillas, sondern wir Menschen ihre nächsten Verwandten (Abbildung 2).

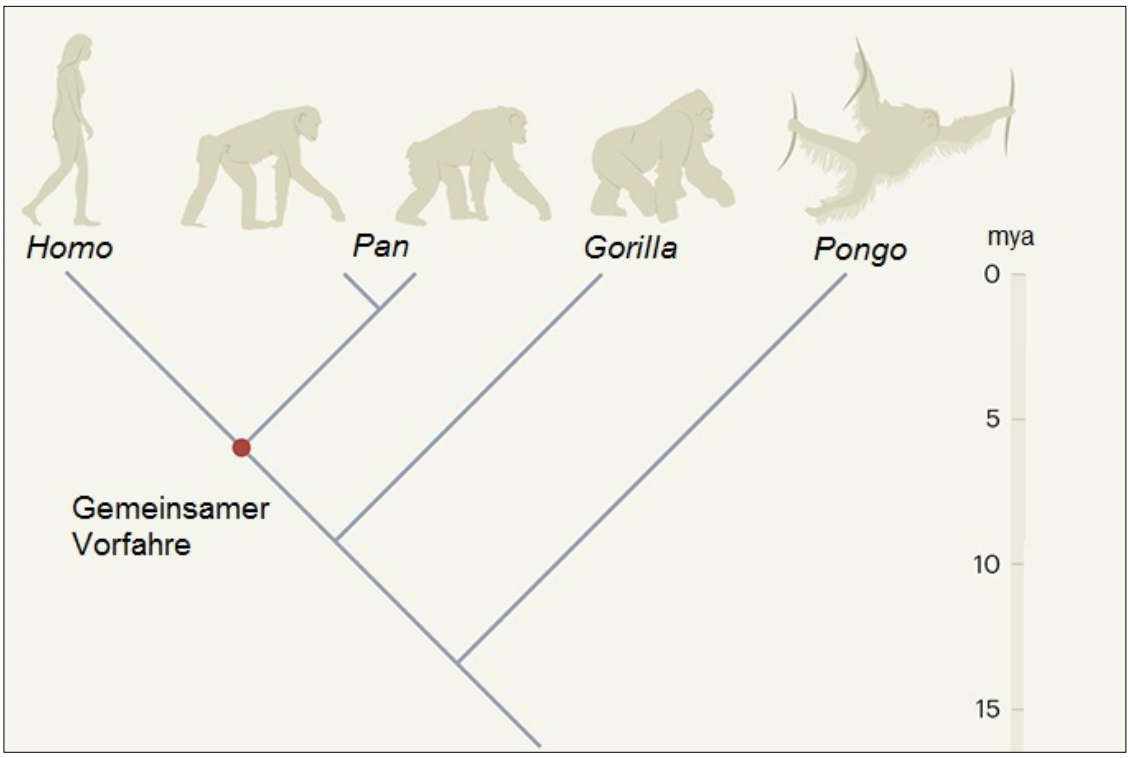


Abbildung 2: Evolutionärer Stammbaum der Großen Menschenaffen. Darstellung der stammesgeschichtlichen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Menschen (*Homo*), Schimpansen (*Pan*), Gorillas (*Gorilla*) und Orang-Utans (*Pongo*). Der rote Knotenpunkt markiert den letzten gemeinsamen Vorfahren der Schimpansen (*Pan*: *Pan troglodytes* und *Pan paniscus*) und Menschen (*Homo*). mya (million years ago): Million(en) Jahre her (verändert nach Kivell 2019)

Beruhend auf der sehr engen Verwandtschaft von Schimpansen und Menschen, insbesondere der geringen Sequenzdivergenz, wurde vorgeschlagen die Gattungen *Homo* und *Pan* zusammenzuführen und die Menschen neben den gewöhnlichen Schimpansen

mittlerweile eine Fülle an molekulargenetischen Evidenzen vorliegen, sodass heute keine ernsthaften Zweifel mehr an den publizierten phylogenetischen Beziehungen zwischen den Menschenaffen existieren. Zwar wurde von sehr wenigen Anthropologen vorgeschlagen, man solle die Orang-Utans als die nächsten lebenden Verwandten der Menschen betrachten. Der Vorschlag steht allerdings nicht im Einklang mit den molekulargenetischen Analysen und dem aktuellen Stand der Wissenschaft (Grehan & Schwartz 2009; Samuli et al. 2011).

und den Bonobos entweder als eine dritte Schimpansenart (*Pan sapiens)* zu betrachten oder die Schimpansen als *Homo troglodytes* bzw. *Homo paniscus* zu bezeichnen (Diamond 1998; Gross 2003; Wildman 2003). Die Zusammenführung der Gattungen *Pan* und *Homo* konnte sich taxonomisch allerdings bisher nicht allgemein durchsetzen (Groves 2017).

Die Kenntnis der verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Menschenaffen ist äußerst bedeutsam für das Verständnis der Humanevolution. Wenn nämlich die Schimpansen innerhalb der Menschenaffen-Familie mit den Menschen am nächsten verwandt sind, dann ist es wahrscheinlich, dass wir Menschen heute viele Merkmale, die wir mit den Schimpansen teilen, von dem letzten gemeinsamen Vorfahren geerbt haben. Wie Zrzavý et al. (2009) im Zusammenhang mit den phylogenetischen Beziehungen der Menschenaffen hervorheben, kann man bei vielen Eigenschaften der Menschen nicht mehr von speziell „menschlichen" Eigenschaften ausgehen, sondern muss die Merkmale im Lichte der *gemeinsamen Abstammung* von Schimpansen *und* Menschen betrachten. Die Merkmale von Schimpansen und Menschen unterscheiden sich nicht qualitativ voneinander, sondern eher in der Differenziertheit und in Feinheiten – auch Schimpansen gehen gelegentlich aufrecht, jagen, stellen unterschiedliche Werkzeuge her und haben unterschiedliche „Kulturen" hervorgebracht (Zrzavý et al. 2009).

2.3.4 Frühere Menschenaffen

Alle heute lebenden Menschenaffen gehen auf einen letzten gemeinsamen Vorfahren zurück, der wahrscheinlich im frühen Miozän vor rund 18 Millionen Jahren lebte (Carbone et al. 2014). Spricht man in der Evolutionsbiologie von „einem letzten gemeinsamen Vorfahren", dann ist damit nicht ein einzelnes Individuum gemeint, sondern eine *hypothetische* Stammart, die aus vielen Urahnen besteht. Neben molekulargenetischen Untersuchungen und der vergleichenden Betrachtung heutiger Menschenaffen helfen vor allem Fossilien bei der Rekonstruktion unserer Vorfahren, was aufgrund der Lückenhaftigkeit des Fossilberichts allerdings nur teilweise gelingt. Nicht isoliert, sondern in ihrer Gesamtheit betrachtet und unter der Berücksichtigung der Befunde anderer evolutionsbiologischer Teildisziplinen, helfen uns die Fossilien dabei die menschliche Evolutionsgeschichte nachzuzeichnen (Grupe et al. 2012; Schrenk 2019).

Zu den frühesten Menschenaffen werden Fossilien gezählt, die der Gattung *Proconsul,*

Pilobates und *Nyanzapithecus* zugeschrieben werden, die in die Zeit des mittleren bzw. frühen Miozäns fallen und wahrscheinlich dem letzten gemeinsamen Vorfahren aller Menschenaffen nahestehen (Alba et al. 2015; Nengo et al. 2017). Wie der letzte gemeinsame Vorfahre aller Menschenaffen tatsächlich aussah, lässt sich allerdings nicht sicher sagen. Auch der letzte gemeinsame Vorfahre der Großen Menschenaffen ist aufgrund des bruchstückhaften Fossilberichts im Miozän nur schwer rekonstruierbar. Möglicherweise stehen Fossilien der Gattungen *Dryopithecus, Oreopithecus* und *Pierolapithecus* dem letzten gemeinsamen Vorfahren der Großen Menschenaffen nahe (Burda et al. 2014; Harrison 2010; Moyà-Solà et al. 2004). Zum Ursprung der afrikanischen Menschenaffen und der Menschen können Fossilien der Gattungen *Nakalipithecus* und *Chororapithecus* aus dem späten Miozän Auskunft geben (Kunimatsu et al. 2007; Suwa et al. 2007). Die in Afrika gefundenen Fossilien unterstützen die Annahme, dass der Ursprung der Gorillas, Schimpansen und Menschen in Afrika zu suchen ist (Bernor 2007). Molekulare Befunde weisen darauf hin, dass sich die zum Menschen führende Stammeslinie vor rund 4-8 Millionen Jahren von der Linie abzweigte, die zu den Schimpansen führt (Amster & Sella 2016; Langergraber et al. 2012; Patterson et al. 2006). Fossilien von Vertretern der zu den heutigen Schimpansen führenden Linie sind außerordentlich selten und fragmentarisch, weil die Fossilisationsbedingungen in den afrikanischen Regenwäldern sehr schlecht sind. Im Verhältnis dazu kann der Fossilbericht der Schwesterlinie – mit den zahlreichen Funden von *Vor- Ur- und Frühmenschen* (Einteilung nach Schrenk 2019) – als recht reichhaltig angesehen werden (McBrearty & Jablonski 2005).

Zu den möglichen *basalen Vormenschen* werden *Sahelanthropus tchadensis* (6-7 Millionen Jahre), *Orrorin tugenensis* (ca. 6 Millionen Jahre), *Ardipithecus kadabba* (5,5-6,4 Millionen Jahre) und *Ardipithecus ramidus* (4,4 Millionen Jahre) gezählt (Burda et al. 2014). Zu den *späteren Vormenschen*, die der heterogenen Australopithecinen-Gruppe zugerechnet werden, gehören die ostafrikanischen grazilen *Australopithecus*-Arten (u.a. *A. anamensis, A. afarensis, A. africanus, A. sediba;* Abbildung 3) und die mit einem kraftvollen Kauapparat ausgestatteten robusten Australopithecinen der Gattung *Paranthropus* (*P. aethiopicus*, *P. boisei*, *P. robustus*) (Wood & Richmond 2000). Die phylogenetisch bisher nur schwer einordbare und umstrittene fossile Art *Kenyanthropus platyops* (ca. 3,5 Millionen Jahre alt) wird ebenfalls in diese heterogene Vormenschen-Gruppe gestellt (Burda et al. 2014; Leakey et al. 2001).

Abbildung 3: Rekonstruierte Vor- und Frühmenschen. Wissenschaftler verwenden Fossilien, um die Evolutionsgeschichte der Menschen zu rekonstruieren. Links ist eine Rekonstruktion von *Australopithecus afarensis* (basierend auf AL444-2; nach John Gurche) und rechts eine Rekonstruktion von *Homo erectus* (basierend auf ER3733; nach John Gurche) abgebildet (Smithsonian Institution 2019). Die ausgestorbenen Menschenaffen (Vor- und Frühmenschen) stehen uns verwandtschaftlich näher als unsere nächsten lebenden Verwandten, die Schimpansen.

Viele der Vormenschen konnten schon aufrecht gehen. Berühmt wurde in diesem Zusammenhang das rund 3,2 Millionen Jahre alte Skelett, das nach einem Lied der Beatles den Namen „Lucy“ erhielt. Lucy war rund 1,1 m groß, wog ca. 27 kg und hatte ein etwas größeres Gehirn (ca. 450 cm^3) als die heutigen Schimpansen. Wie der Bau des Beckens und des Oberschenkels von Lucy sowie die aus ähnlicher Zeit stammenden fossilen Fußspuren von Laetoli nahelegen, lief Lucy nicht wie die meisten Affen „auf allen Vieren“, sondern bereits aufrecht auf zwei Beinen (Crompton et al. 2011; Raichlen et al. 2010; Sellers et al. 2005). Vergleichende Arm- und Beinknochenuntersuchungen zeigen allerdings, dass Lucy auch ein Baumkletterer war und eher arboreal als biped auf dem Boden lebte (Green & Alemseged 2012; Ruff et al. 2016).

Die ältesten und ursprünglichsten Vertreter der Gattung *Homo* sind die sogenannten Urmenschen *Homo habilis* (vor ca. 2,3-1,4 Millionen Jahren) und *Homo rudolfensis* (vor ca. 2,5-1,8 Millionen Jahren). Die zumindest teilweise aufrecht gehenden Urmenschen hatten im Vergleich zu den *Australopithecus*-Arten und anderen Vormenschen ein flacheres Gesicht und ein größeres Gehirn (*H. habilis*: ca. 650 cm^3, *H. rudolfensis*: *750 cm^3*). Außerdem stellten sie differenzierte Steinwerkzeuge (u.a. Chopper) her, die der

Oldowan-Kultur zugerechnet werden. Nach den neuen Analysen von Spoor et al. (2015) hatten Vertreter von *Homo habilis* sogar noch größere Gehirne als ursprünglich angenommen (729-824 cm^3). Das Gehirnvolumen würde demnach sogar deutlich in die Variationsbreite der Frühmenschenart *Homo erectus* fallen (Lordkipanidze et al. 2013). Trotz der *Homo*-Merkmale erscheinen die Urmenschen *Homo habilis* und *Homo rudolfensis* aber noch teilweise „australopithekoid". Einige Forscher zählen *Homo habilis* und *Homo rudolfensis* daher zu den *Australopithecus*-Arten (Wood & Collard 1999). Die Überlappung von Australopithecinen- und Homo-Merkmale verdeutlicht ihre intermediäre Stellung im *Australopithecus*-*Homo*-Übergangsbereich (McHenry & Coffing 2000). Es wundert daher nicht, dass ihre eindeutige Zuordnung schwierig ist.

Die ältesten Fossilien von *Frühmenschen* (*Homo ergaster*/*Homo erectus*)[10] werden auf rund 1,9 und 2 Millionen Jahre datiert (Lordkipanidze et al. 2013; Herries et al. 2020). Die Frühmenschen zeigen schon deutlich menschenähnlichere Merkmale (van Arsdale 2013). *Homo erectus* hatte ein relativ großes Gehirnvolumen, das im Laufe der Zeit von vor 1,9 bis 0,4 Millionen Jahren merklich zunahm (650-1250 cm^3). Die Frühmenschen waren wahrscheinlich weniger behaart und deutlich größer (ca. 1,6-1,8m) als die Vormenschen (ca. 1,1-1,4m) (Burda et al. 2014). Im Laufe der Zeit veränderte sich auch das Gesicht weiter – die Zähne wurden kleiner und es war weniger „schnauzenförmig" (Abbildung 3). Wie die heutigen Menschen konnte *Homo erectus* weite Strecken vollständig aufrecht zurücklegen (Hatala et al. 2016). *Homo erectus* war wahrscheinlich die erste Menschenart, die Afrika verlies und sich in Europa und Asien ausbreitete, was durch Fossilfunde auf diesen Kontinenten belegt wird (z.B. Java- und Pekingmensch) (Antón et al. 2014). Im Laufe der Evolution nahmen die kognitiven und kulturellen Fähigkeiten der Frühmenschen zu. Befunde belegen, dass Vertreter von *Homo erectus* Feuer nutzten, verfeinerte Acheuléen-Werkzeuge herstellten, sich relativ fleischreich ernährten und ein ausgeprägtes Sozialverhalten (u.a. Kooperation bei der Jagd) hatten (Berna et al. 2012; Beyene et al. 2013; Goren-Inbar et al. 2004; Hatala et al. 2016; Lepre

[10] Es soll hervorgehoben werden, dass die Bestimmung der fossilen Ur- und Frühmenschenarten für Paläoanthropologen häufig schwierig ist. Die Anzahl der *Homo*-Arten variiert stark. Es haben sich zwei Forschungslager herausgebildet, die sogenannten „Lumper" und „Splitter". Während die „Lumper" nur wenige *Homo*-Arten (*Homo erectus* und *Homo sapiens*) definieren und die verschiedenen Fossilfunde (u.a. *Homo ergaster*, *Homo georgicus*, *Homo florensis* und sogar *Homo habilis* und *Homo rudolfensis*) als morphologisch variable Vertreter lokaler Menschenpopulationen von nur **einer** *Homo*-Art (*Homo erectus*) ansehen (Lordkipanidze et al. 2013), betonen die „Splitter" die Merkmalsdifferenzen der Ur- und Frühmenschen und gehen von 10-15 eigenständigen *Homo*-Arten aus (Burda et al. 2014).

et al. 2011; Zink & Lieberman 2016). Doch die Schädelmorphologie mit den dicken Überaugenwülsten, der flachen und fliehenden Stirn, dem verlängerten und niedrigen Gehirnschädel und dem relativ mächtigen Kiefer unterschied die frühmenschlichen Höhlenbewohner (*Homo erectus*) noch von den später auftretenden, anatomisch modernen Menschen (Burda et al. 2014).

Aus den Frühmenschen, möglicherweise aus *Homo heidelbergensis*-Populationen, sind in Afrika die ersten *anatomisch modernen Menschen* entstanden. Das Gehirnvolumen der Menschen nahm mehr und mehr den Wert des heutigen menschlichen Gehirns an (rund 1400 cm^3). Der evolutionäre Übergang zum anatomisch modernen Menschen geschah spätestens vor rund 200.000 Jahren, wahrscheinlich aber schon früher, worauf neue Fossilfunde (u.a. Schädel- und Unterkieferreste sowie Steinwerkzeuge) aus Marokko, die auf über 300.000 Jahre datiert werden, hindeuten (Hublin et al. 2017; Richter et al. 2017).

Homo sapiens hat sich im Zuge mehrere Auswanderungswellen aus Afrika auf der ganzen Erde ausgebreitet. Dabei koexistierte er längere Zeit mit anderen „Menschenarten", welche aus Frühmenschen-Populationen hervorgegangen sind, die schon vorher aus Afrika auswanderten. Zum einen ist da der robuste, an Kälte angepassten *Homo neaderthalensis* (vor ca. 350.000–35.000 Jahren) zu nennen, der durch eine breite Nase, starke Überaugenwülste und eine flache Stirn gekennzeichnet ist. Erstaunlich ist das große Gehirn des Neandertalers, das im Mittel sogar größer war (1200-1750 cm^3) als das der anatomisch modernen Menschen. Neandertaler waren keinesfalls krumm laufende, primitive, einfältige Wesen, wie sie früher auch in wissenschaftlichen Veröffentlichungen dargestellt wurden. Sie stellten komplexe Werkzeuge her, waren intelligente Jäger, gingen geschickt mit dem Feuer um, bestatteten ihre Toten und schufen wahrscheinlich sogar die ältesten Höhlenkunstwerke (Heyes et al. 2016; Hoffmann et al. 2018; Rendu et al. 2014; Soressi et al. 2013; White et al. 2016).

Neben den Neandertalern koexistierte *Homo sapiens* auch mit den Denisova-Menschen, von denen man bisher nur sehr wenige fossile Fragmente gefunden hat (einen kleinen Fingerknochen und zwei Backenzähne), woraus Forscher allerdings das komplette Genom entschlüsseln konnten. Die Genomanalysen von Neandertalern und den Denisova-Menschen zeigen, dass sich die anatomisch modernen Menschen mit diesen „archaischen" Menschenformen kreuzten (Prüfer et al. 2013; Reich et al. 2010; Wall & Brandt 2016). Außerdem koexistierte mit den anatomisch modernen Menschen eine

weitere *Homo*-Art, *Homo floresiensis*, die kleinste Menschenart (ca. 1,1m, 25kg), die wohl je existierte. Sie hatten mit einem Gehirnvolumen von rund 400 cm^3 erstaunlich kleine Gehirne (zum Vergleich: Schimpansen ca. 400 cm^3, Homo sapiens ca. 1400cm^3). Die sogenannten „Hobbits" lebten auf der indonesischen Insel Flores, stammen ursprünglich wahrscheinlich von *Homo erectus*-Populationen ab und waren offenbar dem evolutionären Prozess der Inselverzwergung ausgesetzt (Brown et al. 2004; Kubo et al. 2013). *Homo floresiensis* starb vor ca. 12.000-18.000 Jahren aus (Morwood et al. 2004). Der Jetztmensch *Homo sapiens* ist die einzig überlebende *Homo*-Art. Die Aktivitäten dieser überlebenden *Homo*-Art haben heute extreme Auswirkungen auf den Bioplaneten (Klimawandel, Umweltverschmutzungen, Artensterben usw.). Es wird daher auch von der Epoche *Anthropozäns* gesprochen (Crutzen 2002).

2.3.5 Konzepte zur Humanevolution – eine Zusammenfassung

Ausgehend von der Betrachtung der Evolutionsgeschichte, der evolutionsbiologischen Schlüsselkonzepte und der Betrachtung der Menschenaffen lassen sich grundlegende wissenschaftliche Vorstellungen zur Humanevolution wie folgt zusammenfassen:

Erdgeschichtliche Einordnung der Menschen: Vor mehr als 3,8 Milliarden Jahren ist das erste Leben auf der Erde entstanden (Erdurzeit), doch die Menschen entwickelten sich erst innerhalb der letzten 6 Millionen Jahren (Erdneuzeit), also lange Zeit nachdem der Übergang vom Wasser ans Land erfolgte (Erdaltertum) und die Dinosaurier auf der Erde lebten (Erdmittelalter).

Affenabstammung*:* Alle Menschen sind als Angehörige der Spezies *Homo sapiens* in das natürliche System der Organismen eingegliedert. Menschen werden in die Säugetierordnung der Primaten eingeteilt und gehören zu der Verwandtschaftsgruppe der Trockennasenaffen. Für die Abstammung der Menschen von anderen Primaten sprechen anatomische, fossile und molekulare Belege.

Stammesgeschichtliche Verwandtschaft der Menschenaffen: Menschenaffen sind sich so ähnlich, weil sie eng miteinander verwandt sind. Die heutigen Menschen teilen mit den heute lebenden Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans *gemeinsame Vorfahren*. Die Menschenaffen bilden eine gemeinsame Familie (Hominoidea), wobei die Schimpansen (*Pan*) die nächsten lebenden Verwandten der Menschen sind.

Angepasstheiten der Menschenaffen: Die Menschenaffen unterscheiden sich, weil sie an unterschiedliche Lebensräume angepasst sind. Die Angepasstheiten an das Boden- und Baumleben sind je nach Menschenaffenart unterschiedlich stark ausgeprägt (arboreale,

gelegentlich bipede und habituelle bipede Fortbewegung). Die Jetztmenschen sind in ihrem Körperbau, ihrer Fortbewegung und Lebensweise an das Leben am Boden angepasst.

Evolutionäre Veränderungen bei der Menschwerdung: Die Menschwerdung ist begleitet von evolutionären Veränderungen wie dem Erwerb des aufrechten Gangs, der Umgestaltung des Gesichts, dem Verlust des Fells, der Zunahme des Gehirnvolumens (geistig-kognitiven Veränderungen), der Entwicklung der menschlichen Sprache und der kulturellen Evolution.

Mosaikevolution: Verschiedene Merkmale der Evolution des Menschen entwickelten sich zu unterschiedlichen Zeiten bzw. in unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Zum Beispiel entwickelte sich der aufrechte Gang schon bei den Australopithecinen, also zeitlich *vor* der Vergrößerung des Gehirns innerhalb der Gattung *Homo*.

Die Wiege der Menschheit liegt in Afrika: Alle Menschen kommen ursprünglich aus Afrika. Sie haben sie von dort aus im Zuge mehrerer Auswanderungswellen über die ganze Erde ausgebreitet.

Die stark verzweigte Humanevolution: Die Evolution des Menschen ist weder geradlinig noch auf den Jetztmenschen hingerichtet (ziellose Evolution). Die Stammesgeschichte der Menschenaffen gleicht einem stark verzweigten Verwandtschaftsbaum, der von evolutiven Sackgassen und parallel existierenden Arten geprägt ist.

Die andauernde Evolution der Menschen im Anthropozän: Die eng miteinander verzahnte biologische und kulturelle Evolution des Menschen ist nicht auf die Vergangenheit beschränkt. Die Evolution des Menschen dauert an. Dabei ändert der Mensch die Umweltbedingungen selbst (Klimaveränderungen, Abfälle, Landnutzung), was wiederum zu vielfältigen Veränderungen führt, unter anderem zu drastischen Biodiversitätsverlusten. Die menschlichen Eingriffe sind zu einem wichtigen Evolutionsfaktor geworden, weshalb man auch von der Epoche des *Anthropozäns* spricht.

3 Stand der Forschung: Kindervorstellungen zur Evolution

„Evolutionary theory is probably one of the most counterintuitive ideas the human mind has encountered, so far"(Evans 2008, S. 270). Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass Jugendliche und Erwachsene teilweise erhebliche Schwierigkeiten haben, die Evolution zu verstehen (u.a. Bizzo 1994; Brennecke 2015; Demastes et al. 1995; Engel Clough & Wood-Robinson 1985; Kampourakis & Zogza 2008; MacFadden et al. 2007; Pedersen & Halldén 1994). Zahlreiche verbreitete Fehlvorstellungen zur Evolution wurde auch bei Studenten und sogar bei Lehrkräften identifiziert (u.a. Bishop & Anderson 1990; Brumby 1984; Meir et al. 2007; Morabito et al. 2010; Nehm & Reilly 2007; Osif 1997; Yates & Marek 2013). Es stellt sich zwangsläufig die Frage, warum das so ist und inwiefern die sich so hartnäckig haltenden Fehlvorstellungen auf tiefverankerte Vorstellungen zurückgehen, die in der Kindheit (4-13 Jahre) wurzeln (Coley & Tanner 2012; Evans 2008; Kelemen 2019). Die Erforschung von Kindervorstellungen zur Evolution steckt noch in ihren Anfängen. Doch haben sich in den letzten Jahrzehnten der Vorstellungsforschung und der entwicklungspsychologischen Forschung einige kognitive Grundeinstellungen und Kindervorstellungen zur Evolution herauskristallisiert, die in diesem Kapitel dargestellt werden.

3.1 Kognitive Grundeinstellungen

Entwicklungspsychologen haben mehrere grundlegende Denkweisen, sogenannte *cognitive construals,* identifiziert, die die Vorstellungsentwicklung zur Evolution maßgeblich beeinflussen sollen: essentialistisches, teleologisches und anthropomorphes (intentionales) Denken. *Cognitive construals* sind intuitive, meist implizite, Denkweisen. Es wird angenommen, dass sie aus Dispositionen und frühkindlichen Erfahrungen erwachsen (Coley & Tanner 2012, 2015).

3.1.1 Essentialistisches Denken

Der Begriff Essentialismus wird vielfältig gebraucht. Er hat eine lange Geschichte in der Philosophie und Biologie (Mayr 1984) und ist inzwischen auch in der Psychologie verbreitet (Gelman 1999). Dem essentialistischen Denken liegt zugrunde, dass Objekte oder Lebewesen durch verborgene, unveränderliche, wesensbestimmende „Essenzen"

gekennzeichnet sind. Zum Beispiel wird in allen „Katzen“ eine unveränderliche katzenartige Essenz vermutet, die „Katzen“ klar von „Hunden“ abgrenzt. Die „Essenz“ ist unbekannt und stellt ein Platzhalter dar. Das essentialistische Denken spielt beim Kategorisieren von Objekten und Lebewesen eine zentrale Rolle. Nach Gelman & Hirschfeld (1999) kann man drei verschiedene Typen von Essenzen unterscheiden: die sortale, kausale und die ideale Essenz. Außerdem kann man fragen, ob die Essenz ein realer Bestandteil der Welt (metaphysischer Essentialismus) ist oder ob sie eine Repräsentation darstellt. Je nach der Art der Repräsentation (konzeptionell, sprachlich oder kulturell) spricht man von einem psychologischen, nominalen oder kulturellen Essentialismus (siehe ausführlich bei Gelman & Hirschfeld 1999). Nachstehend liegt der Fokus auf dem psychologischen Essentialismus.

Mehrere entwicklungspsychologische Untersuchungen zeigen, dass das essentialistische Denken bereits bei Vorschulkindern kognitiv tief verwurzelt ist (Gelman 2003; 2004; Kelemen 2019). Und wie Shtulman (2006) und Gelman & Rhodes (2012) herausgearbeitet haben, kann das frühkindliche essentialistische Denken gleich in mehrfacher Hinsicht ein großes Hindernis für das Evolutionsverständnis darstellen. Gelman & Rhodes (2012) stellen fünf verschiedenen Komponenten des Essentialismus heraus, die das evolutionsbiologische Verständnis behindern: (1) Kategorien (Arten) sind stabil und unveränderlich (Artkonstanz). (2) Kategorien (Arten) sind scharf voneinander abgrenzbar. (3) Vertreter einer Kategorie (Art) sind homogen. Es gibt keine Variation innerhalb der Kategorie (Art) oder nur sehr beschränkt. (4) Ursachen werden *innerhalb* des Individuums gesucht (kein Populationsdenken). (5) Arten werden platonisch als „ideal“ angesehen (z.B. der ideale Mensch). Damit geht einher, dass angenommen wird, die Evolution schreite in die Richtung eines Ideals (orthogenetische Evolution) (Gelman & Rhodes 2012).

3.1.2 Teleologisches Denken

Eine weitere Denkweise, die bei Kindern verwurzelt ist, stellt das teleologische Denken dar (Kampourakis et al. 2012; Kelemen 1999a; Kelemen 1999b; Kelemen 1999c; Kelemen 2003, Tamir & Zohar 1991). Beim teleologischen Denken werden Zustände oder Prozesse mit Zwecken erklärt und nicht mit den wirkenden Ursachen. Man spricht auch von *funktionalistischen* Vorstellungen, wenn Merkmale lediglich mit Funktionsbeschreibungen begründet werden. Die funktionalistischen Alltagsvorstellungen werden

zu den telelogischen Vorstellungen gerechnet (Kattmann 2015; Lombrozo & Carey 2006). Wie umfassend das teleo-funktionalistische Denken bei Kindern ist, zeigen die Kinderbefragungen von Kelemen (1999b; 2003). Die Befragungen weißen darauf hin, dass sich bei Kleinkindern die teleologischen Erklärungen nicht nur auf Artefakte (z.B. Stühle) und biologische Merkmale beschränken. Auch unbelebte Erscheinungen wie Wolken, Steine und Berge werden von Kindern (noch im Alter von 7-8 Jahren) tendenziell teleologisch erklärt. Das frühkindliche teleologische Denken ist in unterschiedlichen Kulturkontexten (Amerika, Großbritannien, China) verbreitet (Kelemen 2003; Schachner et al. 2017).

Der Einfluss des teleologischen Denkens auf das Evolutionsverständnis ist offensichtlich. Die Evolution wird als geplant und zielgerichtet interpretiert. Zum Beispiel lassen sich folgende verbreitete Fehlvorstellungen zur Evolution auf das teleologische Denken zurückführen: (1) Die Vorstellung, biologische Merkmale wurden *für* etwas gemacht, sei es von einem „Designer“, der personifizierten „Natur“ oder „der Evolution“. (2) Die Vorstellung, Lebewesen würden sich durch *zielgerichtetes* Handeln anpassen. (3) Die Vorstellung, der evolutionäre Prozess ziele auf die Entstehung bestimmter Arten (insbesondere auf *Homo sapiens*) (González Galli & Meinardi 2011; Kattmann 2015; Kelemen 2012; Kelemen & DiYanni 2005). Weiterhin ist zu beachten, dass das teleologische Denken im Zusammenhang mit dem Anpassungsprozess (Anpassungsnotwendigkeiten) auch mit der Vorstellung von Lamarck verbunden wird (Hammann & Asshoff 2014).

3.1.3 Anthropomorphes und anthropozentrisches Denken

Zwei weitere eng miteinander verbundene Denkweisen, die sich bei vielen Lernenden identifizieren lassen, ist das anthropomorphe und anthropozentrische Denken (Coley & Tanner 2012, 2015; Tamir & Zohar 1991). Beim anthropozentrischen Denken werden die Menschen in den Mittelpunkt gestellt. Beim anthropomorphen Denken werden menschliche Eigenschaften, Intentionen, Motive und Emotionen auf anderen Lebewesen übertragen. Auch hier werden also die Menschen als Referenzpunkt für Erklärungen genutzt (Carey 1985; Inagaki & Hatano 1991). Warum viele Kinder so denken, ist noch nicht geklärt. Es wird vermutet, dass bei Kindern biologisches Wissen über andere (nichtmenschliche) Organismen noch sehr gering ist. Der Rückgriff auf die bekannten menschlichen Charakteristika erweist sich dann als nützlich und lückenfüllend. Zum

Beispiel zeichnen Kinder Mikroorganismen häufig mit menschlichen Eigenschaften (u.a. Gesichter, Beine) wie die Untersuchungen von Byrne et al. (2009) zeigen. Allerdings muss die Annahme einer universellen anthropozentrischen bzw. anthropomorphen Denkweise relativiert werden. Ross et al. (2003) fanden heraus, dass lediglich Kinder (6-10 Jahre) aus urbaner Umgebung ausgeprägt anthropozentrisch denken. Dagegen zeigen Kinder aus ländlicheren Regionen und Indianerkinder wenig bis kein anthropozentrisches Denken. Dies deutet darauf hin, dass frühkindliche Erfahrungen und kulturelle Kontextfaktoren die anthropozentrische Denkweise der Kinder beeinflussen (Bang et al. 2007; Medin et al. 2010). Zudem legen die Untersuchungen von Herrmann et al. (2010) nahe, dass das anthropozentrische Denken nicht von Anfang an da ist, sondern sich bei Kleinkindern erst zwischen 3-5 Jahren entwickelt.

Das anthropomorphe und anthropozentrische Denken lässt sich häufig in Alltagsvorstellungen zur Evolution wiederfinden und ist daher für die Evolutionsdidaktik bedeutsam (u.a. Fenner 2013; Johannsen & Krüger 2005; Kattmann 2015; Legare et al. 2013). Zum Beispiel werden Lebewesen als Akteure gesehen, die ihre Unangepasstheit erkennen und sich dann durch gezieltes Handeln absichtsvoll und aktiv anpassen. Evolutionäre Anpassungsprozesse werden also *intentional* begriffen (Hammann & Asshoff 2014). Das anthropomorphe und intentionale Denken steht häufig auch eng mit dem teleologischen Denken in Beziehung. Lebewesen werden dann leicht als zielgerichtete Werke eines absichtlich handelnden Akteurs gesehen, der über ein intelligentes Bewusstsein verfügt. Analog zu einem Uhrmacher oder Werkzeugherstellers wird ein intelligenter Urheber der Lebewesen („Intelligenter Designer“) angenommen (Evans 2008; Sinatra et al. 2008). Zudem wirkt sich die Verwendung einer anthropomorphen Sprache (die häufig bei der Beschreibung des evolutionären Wandels verwendet wird) lernhinderlich auf das Verständnis evolutionärer Prozesse aus (Legare et al. 2013). Das anthropozentrische Denken kann sich auch beim Verständnis der Humanevolution und der systematischen Einordnung des Menschen ins Organismenreich als lernhinderlich erweisen, da die Denkweise eng mit der Vorstellung einer besonderen Stellung des Menschen verbunden ist. So werden die Menschen von Lernenden gerne als höherentwickelter Endpunkt der Evolution dargestellt (Gee 2013). Auch verleitet die anthropozentrische Denkweise dazu, die Menschen nicht als Teil des Tierreichs, sondern getrennt von der übrigen Organismenwelt, zu betrachten (Coley 2007; Coley & Tanner 2015; Kattmann 2015).

3.2 Internationale Studien zu Evolutionsvorstellungen bei Kindern

In der internationalen Fachliteratur finden sich einige Studien, die einen ersten Einblick in die Vorstellungswelt von Kindern zum Thema Evolution ermöglichen. Im weiteren Verlauf werden die wichtigsten wissenschaftlichen Pionierarbeiten zum Thema dargestellt.

3.2.1 Die Studie von Samarapungavan & Wiers (1997) – Niederlande

Eine der ersten qualitativen Kinderbefragungen zur Evolution haben Samarapungavan & Wiers (1997) in den Niederlanden durchgeführt. Sie haben Kinder aus der 3. und 5. Klasse (im Schnitt 9- bzw. 12 Jahre alt) zum Ursprung der Arten befragt, die noch nicht zum Thema Evolution unterrichtet wurden. Die Befragungen fanden an zwei öffentlichen Schulen (urbanes Umfeld) statt. Die Mehrheit der befragten 35 Kinder äußerten *konsistente* Erklärungsansätze (*„consistent explanatory frameworks“)*. Samarapungavan & Wiers (1997) konnten fünf verschiedene konsistente Vorstellungstypen bei den befragten Kindern aufdecken: Den reinen Essentialismus (9 Kinder), den Dinosaurier-Essentialismus (8 Kinder), die spontane Entstehung der Lebewesen (5 Kinder), die Erschaffung der Lebewesen/ Kreationismus (3 Kinder) und den Lamarckismus (3 Kinder). Samarapungavan & Wiers (1997) konnte keinen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Erklärungsansätzen und dem Alter der Kinder feststellen.

Nach der Vorstellung des „reinen Essentialismus“ sind Lebewesen unveränderlich und existieren schon von Anfang an. Die Entstehung neuer Arten und der Artwandel wird verneint. Nur das Aussterben von Arten wird anerkannt. Die verbreitete Vorstellung des „reinen Essentialismus“ ist nach Samarapungavan & Wiers (1997) von der Vorstellung des „Dinosaurier-Essentialismus“ zu unterscheiden. Bei dieser Vorstellung stellen sich die Kinder die Dinosaurier als die ersten Lebewesen vor. Außerdem stellen sie sich vor, dass die heutigen Lebewesen aus den Dinosauriern hervorgegangen sind. Mammuts werden beispielsweise als „Dinosaurier-Elefanten“ und die ersten Pferde als „Dinosaurier-Pferde“ bezeichnet. Samarapungavan & Wiers (1997) interpretieren die Äußerungen der Kinder so, dass die Kinder nur von äußeren Mikroveränderungen ausgehen, während die Essenz der Lebewesen (zum Beispiel vom Dinosaurier-Menschen

zum heutigen modernen Menschen) unverändert bleibt (Samarapungavan & Wiers 1997). Im Rahmen der Vorstellung der Spontanentstehung (Urzeugung) gehen Kinder im Gegensatz zum Essentialismus nicht davon aus, dass Arten schon immer existieren. Gemäß der Vorstellung der Spontanzeugung entstanden die heutigen Lebewesen „voll entwickelt" aus Staub oder Samen. Diese Vorstellung ist teilweise identisch mit der Vorstellung des „reinen Essentialismus", da die einstmals entstandenen Lebewesen unverändert blieben. Daher handelt sich dabei um keine evolutionsbiologische Vorstellung.

Nur wenige der befragten Kinder verfügten nach Samarapungavan & Wiers (1997) über „kreationistische" Vorstellungen. Nur drei Kinder nahmen (angelehnt an die biblische Schöpfungserzählung) an, dass die Arten durch Gott erschaffen wurden und im Laufe der Zeit unverändert blieben. Der Vorstellungstyp „Lamarckismus" konnte ebenfalls nur bei drei der befragten Kinder festgestellt werden. Vorstellungen werden von Samarapungavan & Wiers (1997) als „lamarckistisch" charakterisiert, wenn Kinder von evolutionäre Artveränderungen ausgingen und die evolutionären Transformationen mit dem Anpassungsmechanismus von Lamarck (Gebrauch/ Nichtgebrauch von Organen & Weitergabe erworbener Eigenschaften) erklärten. Eine evolutionsbiologische Vorstellung, die die biologische Variation und natürliche Selektion umfasst, konnten in der Studie nicht identifiziert werden. In allen fünf Erklärungsansätzen ignorierten die Kinder die innerartliche Variation. Samarapungavan & Wiers (1997, S. 168) sehen im mangelnden Variationsverständnis ein entscheidendes Lernhindernis: *„The five frameworks treat within species variation as an uninteresting or trivial phenomenon. It is likely that the lack of attention to within species variability will make it hard for many novices to restructure to Neo-Darwinian theory"*.

3.2.2 Die Studien von Evans (1994, 2000, 2001) – USA

Zurückgehend auf die Doktorarbeit von Evans (1994) wurden zwei richtungweisende Publikationen zu den Vorstellungen von Kindern zum Thema Evolution veröffentlicht (2000, 2001). In der ersten Studie befragte Evans (2000) im mittleren Westen der USA 6- bis 12-jährige Kinder (N=49) zur Entstehung der Arten und zur Naturgeschichte. Die befragten Kinder kamen aus einer Universitätsstadt und hatten noch keinen Evolutionsunterricht. Sie wurden in drei Altersgruppen aufgeteilt (junge Altersgruppe: ca. 6-8 Jahre;

mittlere Altersgruppe: ca. 8-10 Jahre; älteste Altersgruppe: ca. 11-13 Jahre). Evans (2000) ging der Frage nach, ob sich Kinder den Ursprung der Arten natürlich oder eher intentional erklären würden. Außerdem untersuchte sie den Zusammenhang zwischen den Erklärungsansätzen, dem Alter und dem naturgeschichtlichen Wissen der Kinder.

Evans (2000) fand heraus, dass die Kinder grundsätzlich drei verschiedene Erklärungsansätze zum Ursprung der Arten verwendeten: den Erklärungsansatz der Spontanentstehung, den „kreationistischen" Erklärungsansatz und den Erklärungsansatz der Evolution. Bei der spontanen Entstehung der Arten gingen die Kinder von einer *natürlichen* Herkunft der Lebewesen aus (u.a. „*came from the earth*", „*appeared*", „*grew*"). Beim *kreationistischen* Erklärungsansatz zogen Kinder einen handelnden Akteur (u.a. Gott) heran, der Arten geschaffen, geplant oder auf die Erde gesetzt hat. Der evolutionäre Erklärungsansatz hingegen umfasst die Vorstellung von der evolutionären Veränderlichkeit und der Transformation von Arten. Ein weiterer Erklärungsansatz, die Hybridisierung von Arten, kam nur selten vor und wurde von Evans (2000) bei der weiteren Analyse ausgeklammert.

Evans (2000) konnte in ihrer Arbeit eine altersbedingte Vorstellungsentwicklung nachweisen. Während viele der jungen Kinder (∅ 7 Jahre) Vorstellungen zur *Spontanentstehung* besaßen, dominierten bei der Mehrheit der befragten Kinder im Alter von 8-10 Jahren *kreationistische* Erklärungen. Die älteren Kinder (∅ 12 Jahre) hingegen äußerten tendenziell eher *evolutionäre* Erklärungen. Das Entwicklungsmuster, dass sich aus Evans (2000) erster Studie abzeichnet, lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Während die evolutionären Vorstellungen mit steigendem Alter (6-12 Jahre) zunehmen, nehmen die Vorstellungen zur Spontanentstehung im Laufe der Kindheit ab. Die kreationistischen Vorstellungen hingegen folgen einem ∩-förmigen Entwicklungsverlauf mit einer Dominanzphase bei 8- bis 10-jährigen Kindern. Betrachtet man den Übergang von der mittleren zur späten Kindheit, lässt sich ein Vorstellungswechsel zwischen 9 und 12 Jahren feststellen: kreationistische Vorstellungen rücken mehr in den Hintergrund, während Evolutionsvorstellungen an Dominanz gewinnen. Allerdings erklärte nur ein Kind den evolutionären Wandel „darwinistisch" (wenn überhaupt). Wenn Kinder den evolutionären Wandel erklärten, dann vor allem mit lamarckistischen und „willentlichen" Erklärungen oder Erklärungen, die das Erlernen von neuen Fähigkeiten betonen. Zudem konnte Evans (2000) einen positiven Zusammenhang zwischen der

Häufigkeit der Evolutionsvorstellungen und dem spezifischen Wissen zur Naturgeschichte (u.a. Wissen über Fossilien) feststellen.

In der zweiten von Evans (2000) durchgeführten Studie wurden US-amerikanische Kinder (N=83) aus ländlichen und vorstädtischen Schulen befragt. 88% der Kinder ging auf eine öffentliche Schule, während 12% eine private Bekenntnisschule („*parochial schools*“) besuchten. Kinder aus christlich-fundamentalistischen Gemeinschaften wurden in dieser Studie ausgeklammert (siehe Nachfolgestudien). Zusätzlich zu den Kindern hat Evans (2000) auch die Eltern interviewt. Der zweiten Studie liegt die Annahme zugrunde, dass die Eltern in der ländlicheren Umgebung durchschnittlich weniger formal gebildet sind als in der Universitätsstadt (vgl. erste Studie). Es stellt sich in diesem Zusammenhang also die Frage, ob sich das Vorstellungsentwicklungsmuster der ersten Studien replizieren lässt oder ob es auffallende Abweichungen gibt. Die Kinder wurden, wie in der ersten Studie, in drei Altersgruppen eingeteilt (jung, mittel, alt).

Wie in der ersten Studie fand Evans (2000) evolutionäre Vorstellungen tendenziell eher bei den älteren Kindern, während Vorstellungen zur Spontanentstehung überwiegend bei jüngeren Kindern anzutreffen waren. Im Vergleich zur ersten Studie fand Evans (2000) allerding, dass die Mehrheit (68%) der jüngeren Kinder (∅ 7 Jahre) *gemischte* Erklärungen zur Entstehung der Arten äußerten (kreationistische Vorstellung & Vorstellung der Spontanentstehung). Die Mehrheit (76%) der Kinder aus der mittleren Kindheit (∅ 9 Jahre) verfügten dann wiederum über *exklusiv* kreationistische Vorstellungen. Nur 4% der Befragten aus der mittleren Altersgruppe erklärten den Ursprung der Arten *exklusive* mit der Spontanentstehung und 20% äußerten *gemischte* Erklärungen. Bei der Mehrheit (67%) der älteren Kinder (∅ 12 Jahre) konnte Evans (2000) entweder *exklusiv evolutionäre* (37%) oder *exklusiv kreationistische* (30%) Vorstellungen ausmachen. Die restlichen 33% der älteren Kinder hatten gemischte Vorstellungen (evolutionäre & kreationistische Vorstellungen). Nach der zweiten Studie von Evans (2000) ergibt sich also ein etwas anderes Entwicklungsmuster als nach der ersten Studie: Demnach vollzieht sich im Laufe der Kindheit zwischen ca. 7-9 Jahre eine Entwicklung von ursprünglich *gemischten* Vorstellungen (kreationistische Vorstellung & Vorstellung der Spontanentstehung) zu *exklusiven* kreationistischen Vorstellungen. Daraufhin folgt schließlich eine Vorstellungsdifferenzierung in *exklusiv evolutionäre* oder *exklusiv kreationistische* Vorstellungen. Nach den Analysen von Evans (2000) hängt die

Entwicklung der *exklusiven* Vorstellungen in der späten Kindheit mit der Konsistenz der elterlichen Überzeugungen („*belief consistency*“) zusammen. Zudem zeigen die Analysen, dass die evolutionären Vorstellungen der älteren Kinder positiv mit dem Wissen zur Naturgeschichte korrelieren. Außerdem fand Evans (2000) heraus, dass die älteren Kinder, die konsistente kreationistische Erklärungen äußerten, tendenziell weniger naturgeschichtliches Wissen hatten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die religiösen Überzeugungen der Eltern und die Sozialisation der Kinder eine bedeutende Rolle bei der Vorstellungsentwicklung zum Themenbereich Evolution spielen.

In einer weiteren Studie ist Evans (2001) den kognitiven Faktoren und den Kontextfaktoren, die bei der Entstehung und Entwicklung der Vorstellungen der Kinder eine Rolle spielen, genauer nachgegangen. Dazu hat Evans (2001) Kinder aus christlich-fundamentalistischen und nichtfundamentalistischen Gemeinschaften („*fundamentalist and nonfundamentalist school communities*“) befragt. Sie verwendete sowohl offene als auch geschlossene Fragen zur Entstehung der Arten. Die befragten Kinder (N=185) kamen aus unterschiedlichen ländlichen und (vor)städtischen Gebieten des Mittleren Westens der USA. Die Kinder aus den christlich-fundamentalistisch geprägten Schulgemeinschaften wurden aus zwei christlichen Privatschulen und einer christlichen Homeschooling-Gruppering rekrutiert. Die Kinder der nichtfundamentalistischen Gemeinschaften besuchten öffentliche Schulen und nichtfundamentalistisch geprägte Privatschulen. Wie in den vorausgegangenen Studien wurden die Kinder in drei Altersgruppen aufgeteilt (jung, mittel, alt). Außerdem wurden einige Mütter der Kinder (N=92) befragt.

Die Vergleichsstudie von Evans (2001) ergab, dass die Kinder aus den christlich-fundamentalistisch geprägten Schulgemeinschaften fast ausschließlich kreationistische Ansichten zur Entstehung der Arten äußerten. Die Dominanz der kreationistischen Vorstellung traf auf alle Altersgruppen zu. Auch bei den Erwachsenen überwogen deutlich kreationistische Ansichten. Betrachtet man hingegen die nichtfundamentalistischen Schulgemeinschaften in Evans (2001) Vergleichsstudie, fällt auf, dass kreationistische Vorstellungen nur bei 8- bis 10-jährigen Kindern vergleichbar häufig vorhanden waren. Bei den jüngeren Kindern der Vergleichsgruppe kamen kreationistische Vorstellungen nahezu in gleicher Häufigkeit vor wie Vorstellungen zur Spontanentstehung. Andererseits besaßen ältere Kinder und Erwachsene kreationistische Vorstellungen oder Evolutionsvorstellungen. Beide Vorstellungen kamen auch etwa im gleichen Maße vor.

Evans (2001) ging außerdem der Frage nach, ob die Menschen als ein Spezialfall betrachtet werden („*Is the Human a Special Case?*"). Dazu ermittelte Evans (2001), ob die Eltern ihren Kindern in Bezug auf die Entstehung der Menschen andere Erklärungen gaben als zur Entstehung der Dinosaurier. Um die Frage zu beantworten, wurden den Eltern Erklärungen zur Entstehung der Menschen und zur Entstehung der Dinosaurier vorgelegt. Die vorgegebenen Erklärungen waren an den Kindervorstellungen der vorherigen Studien angelehnt. Die Eltern gaben dann auf einer Fünf-Punkte-Skala an, inwiefern sie ihren eigenen Kindern ähnliche Erklärungen geben würden. Evans (2001) fand Unterschiede in der Erklärungspraxis der Eltern: Evolutionäre Erklärungen wurden eher für die Entstehung der Dinosaurier verwendet als für die Entstehung der Menschen. Auch die Eltern aus den nichtfundamentalistischen Gemeinschaften verwendeten zur Entstehung der Menschen eher kreationistische Erklärungen als evolutionsbiologische Erklärungen. Überdies analysierte Evans (2001) die Antworten der Kinder und Erwachsenen, die sich aus den gestellten geschlossenen Fragen ergaben. Die geschlossenen Fragen umfassten u.a. die Entstehung der Menschen sowie die Entstehung von zwei nicht-menschlichen Tierarten (Brückenechsen & Sonnenbären). Insgesamt ergaben die Analysen, dass die Kinder und die Erwachsenen die Entstehung der Tiere eher evolutionär erklärten als die Entstehung der Menschen. Vor allem die Kinder der mittleren Altersgruppe (8-10 Jahre) und die Erwachsenen aus den nicht-fundamentalistischen Gemeinschaften behandelten den Menschen als ein Spezialfall, d.h. die Evolution wurde zwar auf die Tiere angewandt, *nicht* jedoch auf den Ursprung der Menschen (Evans 2001).

Insgesamt konnte Evans (1994, 2000, 2001) durch ihre Studien zeigen, dass die *älteren* Kinder eher die Vorstellungen übernehmen, die in ihrem jeweiligen kulturellen Umfeld vorherrschend sind (Evolutionsvorstellungen oder kreationistische Vorstellungen). Die Grundschulkinder im Alter von 8 bis 10 Jahren tendieren dagegen – egal welcher Gemeinschaft sie angehören – stark zu kreationistischen Vorstellungen. Der starke Hang zu kreationistischen Vorstellungen ist auch bei jüngeren Kindern feststellbar, wenn die Entwicklung der Kinder von christlich-fundamentalistischem Kontextfaktoren beeinflusst wird. Fehlt dieser Einfluss oder ist weniger stark ausgeprägt, bevorzugen jüngere Kinder jedoch gemischte Vorstellungen und die Vorstellung der Spontanentstehung.

Der Hang zu kreationistischen Vorstellungen bei Grundschulkindern (8-10 Jahren) hängt

nach Evans (2001) damit zusammen, dass Kinder sich *in dieser Phase* der Sterblichkeit bewusst werden und beginnen existenziell zu denken. Die Kinder stellen dann vermehrt Ursprungsfragen. Offenbar sind die Kinder in dieser Phase aber durch das ausgeprägte essentialistische Denken (Unveränderlichkeit der Arten) sowie das teleologische und intentionale Denken besonders empfänglich für kreationistische Vorstellungen und weniger für Evolutionsvorstellungen (Evans 2001). Der kognitive Bias wird nach Evans (2001) erst mit 10-12 Jahren teilweise durchbrochen (bei den Kindern aus den nicht-fundamentalistischen Gemeinschaften). Die Kindervorstellungsentwicklung hin zu mehr Evolutionsvorstellungen wird von Evans (2001) mit der fortschreitenden kognitiven Entwicklung und dem zunehmenden Wissen zur Naturgeschichte (u.a. Wissen zu Fossilien) erklärt. Das Wissen zur Naturgeschichte wird hauptsächlich durch außer-schulischen Instruktionen erworben. Kommen in dieser Entwicklungsphase allerdings die Denkdispositionen mit bestimmten religiösen Ansichten zusammen und haben Kinder kein Zugang zu naturgeschichtlichem Wissen, verstärkt sich der kognitive Bias, was den wissenschaftsorientierten Unterricht zur Evolution mit zunehmendem Alter immer schwieriger macht.

3.2.3 Die Studien von Berti et al. (2010, 2012, 2017) – Italien

In Italien interviewten Berti et al. (2010) Grundschulkinder der 2. und 3. Klasse (7-9 Jahre) zum Ursprung der Arten. Die Grundschulkinder besuchten alle eine öffentliche Schule in Norditalien. Die Untersuchung von Berti et al. (2010) unterscheidet sich von den Erhebungen aus der USA und der Niederlande hauptsächlich in dem Aspekt, dass die italienischen Kinder aus der 3. Klasse (N=21) bereits zum Thema Evolution unterrichtet worden waren. Hierbei ist zu bedenken, dass in Italien das Thema Evolution in der Grundschule behandelt wird (Berti et al. 2010). Der Evolutionsunterricht findet allgemein in der 3. Klasse statt. Die Kinder aus der 2. Klasse (N=18) hatten dementsprechend noch keinen Unterricht zum Themenfeld Evolution.

Das Hauptergebnis der Untersuchung von Berti et al. (2010) stellt sich folgendermaßen dar: Die Mehrheit der Kinder aus der 2. Klasse verfügten über kreationistische Vorstellungen, wohingegen die Kinder aus der 3. Klasse, also nach dem Evolutions-unterricht, überwiegend Mischvorstellungen (kreationistische Ansichten & Evolutions-vorstellungen) besaßen. Fachlich richtige Vorstellungen zum evolutionären Anpassungs-mechanismus konnten Berti et al. (2010) nicht identifizieren. Auch lamarckistische

Vorstellungen waren kaum vorhanden. Die Kinder verwiesen eher auf die Zeit, die Natur oder auf Gott als treibende Kraft der Evolution. Berti et al. (2010) nehmen an, dass lamarackistische Vorstellungen erst nach der 3. Klasse vermehrt aufgebaut werden, wenn die Kinder mehr evolutionsbiologische Informationen erhalten und sich mit der Evolution stärker auseinandersetzen. Die Vermittlung der evolutionsbiologischen Inhalte (durch Medien und Lehrkräfte) wird als suboptimal angesehen und trägt wahrscheinlich zur Bildung von lamarckistischen Fehlvorstellungen bei (Berti et al. 2010). Das steht im Einklang mit den Erhebungen von Berti & Barbetta (2012), die Lernende von der 3. bis zur 8. Klasse zum Thema Evolution befragten. Sie stellten im Laufe der Schulzeit eine Zunahme an lamarckistischen Vorstellungen fest.

Unerwarteterweise konnte Berti et al. (2017) in ihrer neuesten Untersuchung weniger kreationistische Vorstellungen feststellen als Berti et al. (2010), obgleich die befragten 3. Klässler (8-9 Jahre) auch aus einer öffentlichen Schule aus der gleichen Region (Nord-italien) stammten. Unerwarteterweise und im Gegensatz zu allen bisherigen Erhebungen zum Thema Evolution im Primarbereich waren im Prä-Interview nicht nur weniger kreationistische Vorstellungen feststellbar, sondern bei der Mehrheit (rund 60%) der befragten Grundschulkinder konnten überhaupt *keine Vorstellungen* zum Ursprung der Arten identifiziert werden (Berti et al. 2017).

Nach dem Evolutionsunterricht, in dem unterschiedliche evolutionsbiologische Konzepte behandelt wurden (u.a. Mutationen & die natürliche Selektion), führten Berti et al. (2010) Post-Interviews durch. Die zeigten, dass die Mehrheit der Grundschulkinder *nach* dem Unterricht zwar über Evolutionsvorstellungen verfügte, diese aber häufig fehlerhaft und fragmentarisch waren. Die Kinder hatten zum evolutionären Anpassungsmechanismus nur wenig gelernt. Die natürliche Selektion wurde von keinem der Grundschulkinder als Erklärung für die Evolution verwendet (Berti et al. 2017).

3.2.4 Aktuelle Studienlage im deutschsprachigen Raum

Auch im deutschsprachigen Raum rückt das Thema Evolution zunehmend in den Fokus der Kindervorstellungsforschung (Adamina 2008; Marquardt-Mau & Rojek 2011; Rojek et al. 2012; Schilke 1999; Schilke & Weißler 1999; Scholl 2002; Teetz 2011; Werther 2016). Als einer der Begründer des Forschungsfelds in Deutschland hat Schilke (1999) die Lernvoraussetzungen von 22 Grundschulkindern (8-10 Jahre) zum Thema der

Dinosaurier erhoben. Als Kennzeichen der Dinosaurier standen bei den befragten Grundschülern vor allem die Stärke und die Größe der Urzeittiere im Vordergrund. Die zeitliche (erdgeschichtliche) Einordnung der Dinosaurier spielte im Denken der befragten Kinder dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Sechs von neun Kindern, die sich zur zeitlichen Einordnung der Dinosaurier äußerten, gingen davon aus, dass Dinosaurier und Menschen einstmals zusammengelebt haben (Schilke 1999). Bei der Untersuchung stellte sich auch heraus, dass die Kinder ihre Erkenntnisse hauptsächlich aus den Medien und aus dem Elternhaus beziehen und nicht aus der Grundschule. Insgesamt schätzt Schilke (1999) die heterogenen Lernvoraussetzungen zum Thema Dinosaurier aber als günstig ein. Ende der 90er Jahre befragte Schilke Kinder (8-10 Jahre) zur Affenabstammung (Schilke & Weißler 1999). 20 Grundschulkinder wurden gefragt, ob sie den Satz „*Die Menschen stammen von Affen ab*“ schon einmal gehört hatten. Die Befragung ergab, dass die Mehrzahl der Kinder den Satz schon einmal gehört hatte.

In der Schweiz (Kanton Bern) ging Adamina (2008) zeitlichen und geschichtsbezogenen Vorstellungen von Lernenden aus der 1., 3., 5. und 7. Klasse nach. In Bezug auf die Evolution (Geschichte der Menschen) fand Adamina (2008) bei den jüngeren Kindern (1. und 3. Klasse) kaum ausgeprägte und konsistente Vorstellungen zur Evolution. Viele der Vorstellungen wurden dem „Level A“ und dem „Level B“ zugewiesen (d.h. isolierte Angaben, keine Entwicklungsvorstellungen, keine Einordnung in den zeitlichen Kontext). Adamina (2008) führte allerdings aufgrund des großen Stichprobenumfangs keine Einzelinterviews durch, sodass hierzu keine tiefergehenden Einblicke in die Vorstellungswelt der Kinder gewonnen werden konnten.

Teetz (2011) befragte im Rahmen ihrer Bachelorarbeit insgesamt 106 Grundschulkinder (8-11 Jahre) zur Entstehung und Entwicklung des Lebens. Die quantitative Untersuchung wurde in zwei Schulen in Dortmund durchgeführt. Die Antwortmöglichkeiten des eingesetzten Fragebogens orientieren sich an den Erklärungsansätzen (Evolution, Urzeugung, Kreationismus, Essentialismus, Lamarckismus, Darwinismus), die in den Studien von Evans (2000, 2001) und Samarapungavan & Wiers (1997) identifiziert worden waren. Insgesamt wurden elf Fragen zur Evolution gestellt, die unterschiedliche Aspekte abdeckten (Entstehung des Lebens, Naturgeschichte, Entwicklung von Merkmalen). Die Antworten im Fragebogen wurden nur von wenigen Kinder *konsequent* im Sinne einer der von Evans (2000, 2001) und Samarapungavan & Wiers (1997)

identifizierten Erklärungstypen angekreuzt. Die Ergebnisse von Teetz (2011) weisen darauf hin, dass viele Grundschulkinder über keine konsistenten Vorstellungen verfügen. So kreuzten nur 27% der Kinder in Bezug auf die Entstehung des Menschen eine kreationistische Antwort an. Deutlich häufiger (rund 80 %) wurden hingegen kreationistische Vorstellungen in Bezug auf die Entstehung des Lebens angekreuzt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Entdeckendes Lernen zur Evolutionsbiologie im Sachunterricht (EvoSa)“ unter der Leitung von Prof. Dr. Brunhilde Marquardt-Mau (Universität Bremen) wurden die Kindervorstellungen zum Konzept der Angepasstheit der Lebewesen untersucht (Marquardt-Mau & Rojek 2011; Rojek et al. 2012; Werther 2016). Nach der Pilotuntersuchung von Rojek et al. (2012) haben die Grundschulkinder heterogene Vorstellungen zur Evolution. Die erhobenen Vorstellungen sind allerdings bis heute nicht zugänglich (unveröffentlichtes Manuskript an der Universität Bremen; Stand 2019). Anknüpfend an Rojek et al. (2012) erfasste Werther (2016) die Vorstellungen von Grundschulkindern (6-10 Jahre) zum Konzept der „Anpassung“ unter Berücksichtigung des Naturzugangs. Die Untersuchung wurde an zwei Bremer Grundschulen durchgeführt. Die Ergebnisse von Werther (2016) deuten darauf hin, dass das Evolutionsverständnis mit der jeweiligen sozialen Lage variiert und insbesondere durch Naturerfahrungen und Medien geprägt wird. Angelehnt an Rojek et al. (2012) bildete Werther (2016) Konzept-levelschemata und verwendete die aus der Literatur bereits bekannten Denkfiguren (u.a. anthropomorphe, finalistische, ontogenetische Denkfiguren). Über alle Teilaspekte der Anpassung hinweg fand Werther (2016) am häufigsten ontogenetische und anthropomorphe Vorstellungen.

3.3 Erste Einblicke zum Variationsverständnis bei Kindern

Wie bereits dargestellt, gehört das Variationsverständnis zu den wichtigsten Lern-voraussetzungen, um den grundlegenden Evolutionsmechanismus (natürliche Selektion) zu verstehen. Allerdings haben Lernende häufig kein fachlich angemessenes Variations-verständnis (u.a. Brennecke 2015; Fenner 2013). Häufig werden Arten als fixe Typen verstanden und der innerartlichen Variation wird keine Bedeutung beigemessen (Graf & Hamdorf 2011). Dem typologischen Denken entsprechend wird die Evolution oftmals auch als ein „transformationaler Prozess“ verstanden (Fenner 2013; Shtulman 2006).

Es wird allgemein angenommen, dass Lernende die innerartliche Variation nicht

wahrnehmen, weil sie in den Arten eine unveränderbare „Essenz“ annehmen, die über die Merkmale der Lebewesen bestimmt (Shtulman 2006). Bisher gibt es allerdings nur sehr wenige Forschungsarbeiten, die dem Zusammenhang zwischen dem Essentialismus und dem Evolutionsverständnis empirisch nachgegangen sind. In einer Studie von Shtulman & Schulz (2008) wurden erstmals Kinder (4-9 Jahre) und Erwachsene zum Themenbereich Variation befragt und miteinander verglichen (zum Beispiel wurde gefragt: „*Do all giraffes have spotted coats or just most giraffes?*“, „*Could a giraffe be born with a different kind of coat?*“). Dabei stellte sich heraus, dass Erwachsene, die die innerartliche Variation erkannten, allgemein ein besseres Evolutionsverständnis hatten als die befragten Erwachsenen, die die biologische Variation verneinten. Shtulman & Schulz (2008) fanden heraus, dass die befragten Kinder mehrheitlich *nicht* von einer innerartlichen Variation ausgingen. Außerdem fanden Shtulman & Schulz (2008) heraus, dass die wenigen Kinder, die über ein Variationsverständnis verfügten, die Variation eher auf Verhaltensmerkmale als auf körperliche (externe und interne) Merkmale bezogen. Shtulman & Schulz (2008) schließen aus ihren Daten, dass das starke essentialistische Denken dazu führt, dass die Unterschiede zwischen Individuen ignoriert werden, was negative Auswirkungen auf das Evolutionsverständnis hat (*essentialistischer Ansatz*). Shtulman & Schulz (2008) warnen davor, ein Variationsverständnis bei Lernenden als selbstverständlich vorauszusetzen.

Die Annahme eines starken essentialistischen Bias bei Kindern hinsichtlich der innerartlichen Variation blieb nicht unwidersprochen. Emmons & Kelemen (2015) befragten ebenfalls Kinder (5-8 Jahre) in der USA bezüglich der Variation. Allerdings verwendeten sie bei ihren Befragungen keine bekannten Tiere wie Shtulman & Schulz (2008), sondern angelehnt an Kelemen et al. (2014) *fiktive* Tiere. Im Gegensatz zu Shtulman & Schulz (2008) fanden Emmons & Kelemen (2015) keine ausgeprägte essentialistische Tendenz bei den befragten Kindern. Aus den beiden Untersuchungsgruppen (Kinder im Alter von 5-6 Jahren; N=20/ Kinder im Alter von 7-8 Jahren; N=20) waren lediglich 45% der Kinder *Essentialisten*, während die Mehrheit der Befragten (insgesamt 55%) als *Variationisten* (25%) oder „*uncommitted reasoners*“ (30%) eingestuft wurden. Auch fanden Emmons & Kelemen (2015) im Unterschied zu Shtulman & Schulz (2008) keinen bedeutenden Unterschied im Variationsverständnis hinsichtlich Körper- und Verhaltensmerkmalen. Zusammengefasst deuten die Untersuchungen von Emmons & Kelemen (2015) darauf hin, dass das Variationsverständnis *kontextabhängig*

ist. Sowohl die verwendete Art (fiktive oder reale Tierart) als auch das Erwähnen bzw. Nichterwähnen von Funktionen bzw. Merkmalsvorteilen kann einen Einfluss auf das Variationsverständnis haben (*kontextueller Ansatz*).

3.4 Implikationen

Abschließend soll der bisherige Forschungsstand kritisch betrachtet und im Hinblick auf die vorliegende Forschungsarbeit systematisiert werden:

(1) Die bisherigen Untersuchungen der Vorstellungsforschung zeigen, dass Lernende aus allen Altersgruppen über Fehlvorstellungen zur Evolution verfügen. Durch die bisherigen entwicklungspsychologischen Untersuchungen hat man einen Einblick in grundlegende intuitive Denkweisen erhalten, die das Lernen zum Thema Evolution erschweren. Die systematische Zusammenführung von Vorstellungen zu solchen Grundvorstellungen (essentialistisches, teleologisches, anthropomorphes Denken) führt dazu, dass die Liste von „Fehlvorstellungen" auf ein Minimum reduziert wird (Coley & Tanner 2012). Die Zuordnung zu allgemeinen Denkweisen und die Fokussierung darauf birgt allerdings auch die große Gefahr, dass man Lernende schnell „Etiketten" anheftet, die ihrer Vorstellungswelt nicht gerecht werden. Auch Kattmann (2015) kritisiert das Vorgehen stark, wenn er schreibt: „*Man sollte sich davor hüten, dem Denken der Lernenden Etiketten wie essentialistisch oder teleologisch anzuheften und zu meinen, man hätte es damit schon hinreichend charakterisiert oder gar erklärt*" (Kattmann 2015, S. 14). In der Vorstellungsforschung sind die bisher diagnostizierten allgemeinen Denkweisen zu beachten. Sie sollten die Erfassung von Kindervorstellungen aber nicht im Vorhinein einschränken und dominieren. Und mindestens ebenso wichtig ist der Blick auf die *speziellen Kindervorstellungen* zu spezifischen Themen der Evolution.

(2) Eine weitere Implikation auf die vorliegende Arbeit ergibt sich aus dem von Evans (2000) erfassten „Vorstellungswechsel" (von überwiegend kreationistischen Vorstellungen zu Evolutionsvorstellungen) bei den Grundschulkindern aus den nicht-fundamentalistischen Gemeinschaften in der späteren Kindheitsphase (10-12 Jahren). Evans (2000) weist in Bezug auf die Arbeiten von Careys (1985) hin, dass in dieser entscheidenden Übergangsphase zwischen 10 und 12 Jahren ein Vorstellungswandel in Bezug auf das Verhältnis von Menschen und Tieren stattfindet: *„This shift would*

be likley to occur around 10-12 years of age, when, according to Garey, *children begin to group humans and animals together as biological entities – animals"* (Evans 2000, S. 223f). Inwiefern dieser Wechsel im Denken als ein Schwellenwertschritt für den Wechsel von einer „kreationistischen" zu einer „evolutionären" Vorstellungswelt angenommen werden kann, ist eine offene Frage. Nach Evans (2008) gibt es einen Zusamenhang zwischen der Akzeptanz, dass Menschen tierische Lebewesen sind („*human as an animal*"), und den Vorstellungen der befragten Kinder zur Makroevolution. Bisher liegen allerdings keine in die Tiefe gehenden qualitativen Kinderbefragungen vor, die auf das Verhältnis von Menschen und Tieren (besonders auf ihrer nächsten Verwandten) fokussieren. Überdies bleibt unklar, ob die Menschen wirklich als ein Spezialfall betrachtet werden. Während Evans (2001) in der USA dafür Hinweise gefunden hat, deuten die bisherigen Befragungen in Europa nicht darauf hin (Berti et al. 2010; Teetz 2011).

(3) Insgesamt betrachtet sprechen die bisherigen Befunde der Kindervorstellungsforschung zur Entstehung und Entwicklung der Arten keine eindeutige Sprache: Bei Kindern aus vergleichbaren Altersgruppen, zeigen sich deutliche Unterschiede bei den Befragungen: Während bei den US-amerikanischen Erhebungen in der Altersgruppe zwischen 8-10 Jahre häufig exklusiv kreationistische Vorstellungen festgestellt wurden, fand man in der Niederlande kaum kreationistische Vorstellungen (eher konsistente essentialistische Vorstellungen) und in Italien mehrheitlich gemischte Vorstellungen bzw. keinerlei Evolutionsvorstellungen. Warum diese großen Unterschiede existieren und wie stark der „kognitive Bias" (essentialistisches, teleologischen und intentionales Denken), die Sozialisation, der Zugang zu evolutionsbiologischen Informationen (Medien, schulische und außerschulische Lernorte), soziokulturelle und religiöse Kontextfaktoren dabei eine Rolle spielen und ob eine Vorstellungsentwicklung durch unterrichtliche Instruktionen im Primarbereich möglich ist, ist weiter zu untersuchen. Es sind weitere explorative Erhebungen sowohl aus säkulareren europäischen Gesellschaften als auch anderen Kulturbereichen (z.B. muslimische Gemeinschaften) notwendig, um den Fragen genauer nachgehen zu können. Überdies sind Unterrichtseinheiten zum Thema Evolution zu erforschen, um Aussagen über die Vorstellungsentwicklung im schulischen Lernumfeld treffen zu können.

(4) Inwiefern die Diskrepanzen zwischen den ersten Untersuchungsergebnissen aus Deutschland (Teetz 2011) und den anderen bisherigen Studien auf Verzerrungen bei der Vorstellungserhebung oder auf andere Faktoren (z.B. kulturelle Faktoren) zurückzuführen sind, lässt sich derzeit schwer beantworten. Beim Ausfüllen von schriftlichen Fragebögen stellt sich bei Kinderbefragungen immer die Frage nach der Verlässlichkeit. Schriftliche Befragungen mit vorgegebenen Antworten stoßen auch vom Informationsgehalt schnell an ihre Grenzen. Qualitative Erschließungen der Kindervorstellungen sind nötig.

(5) In Deutschland ist das Forschungsinteresse an den Kindervorstellungen zur Evolution nach einer kurzen initialen Phase am Ende der 90er Jahre rund um das Darwin-Jahr 2009 neu entfacht (Marquardt-Mau & Rojek 2011; Werther 2016). Die neueren Untersuchungen fokussieren auf die Präkonzepte zur Angepasstheit der Lebewesen. Grundlegende Fragen zur Entstehung der Lebewesen werden bisher kaum miteinbezogen. Außerdem wird bei der Erhebung der Präkonzepte zum Anpassungsmechanismus die Veränderlichkeit der Lebewesen häufig als gegeben vorausgesetzt. Zum Beispiel zeigt Werther (2016) eine Abbildung einer Kurzhalsgiraffe, welche explizit als Vorfahre der heutigen Langhalsgiraffen dargestellt wird („*So nehmen Wissenschaftler an, dass die Vorfahren von den Giraffen mal ausgesehen haben*“) und fragt dann danach, *wie* es dazu gekommen ist, dass der Hals der Giraffe heute so lang ist (Werther 2016, S. 192). Kinder, die über kreationistische Ansichten oder starke essentialistische Vorstellungen verfügen, werden dadurch in eine evolutionäre Richtung gelenkt. Es fehlt an offenen Kinderbefragungen zu den grundlegenden naturgeschichtlichen Konzepten, ohne die Evolution auf der phänomenologischen Ebene vorauszunehmen.

(6) In Bezug auf die Erforschung des Variationsverständnisses bei Grundschulkindern liefern die Arbeiten von Shtulman & Schulz (2008) sowie Emmons & Kelemen (2015) wichtige Implikationen. Während die Forschung von Shtulman & Schulz (2008) auf ein mangelhaftes Variationsverständnis bei Kindern hindeutet (*essentialistischer Ansatz*), gehen Emmons & Kelemen (2015) davon aus, dass das Variationsverständnis kontextabhängig ist (*kontextueller Ansatz*). Emmons & Kelemen (2015) stellen fest, dass das typologische Denken bei realen und vertrauten Tieren stärker ausgeprägt ist als bei *fiktiven* Tieren. Bei den bisherigen Kinder-

interviews wurden bisher allerdings nur einige vertraute Tiere (u.a. Giraffen, Kängurus, Ameisen) getestet (Shtulman & Schulz 2008). Uns sehr ähnliche und äußerst nahstehende Tiere (z.B. Schimpansen) und die Menschen selbst blieben unberücksichtigt. Bei der Einführung des evolutionsbiologischen Variationskonzepts und der Entwicklung von Lehr-Lernangeboten sind Kontextfaktoren in Betracht zu ziehen. Es ist allerdings zu bezweifeln, ob sich nur *fiktive* Arten besonders gut zur Vermittlung der Variation bei Kindern eignen. Hinsichtlich des Schlüsselkonzepts der Variation besteht ein großer Forschungsbedarf, sowohl was die Erfassung der Kindervorstellungen als auch die Entwicklung von Lehr-Lernmaterialien betrifft.

4 Evokids – Evolution in der Grundschule

Die Evolution verbindet alle Teildisziplinen der Lebenswissenschaften. Sie ist das übergreifende Erklärungsprinzip – die große Klammer – der gesamten Biologie. Der Biologe Theodosius Dobzhansky hat dies mit dem viel zitierten Satz „*Nothing in Biology makes sense, except in the light of evolution*" (Dobzhansky 1973) zum Ausdruck gebracht und Stephen Jay Gould stellte dies ebenso klar heraus, indem er schrieb: *„Evolution is not a peripheral subject but the central organizing principle of all biological science"* (Gould 1999). Angesichts der Verknüpfungs- und Erklärungsfunktion sowie der enormen Bildungsbedeutsamkeit des Themas für die Welterschließung von Lernenden stellt sich die Frage, welche Rolle die Evolution im deutschen Schulsystem, insbesondere in der Grundschule, einnimmt. Beginnend mit einer Bestandsaufnahme der aktuellen Situation in Deutschland soll im folgenden Kapitel das Evokids-Projekt dargestellt werden.

4.1 Evolution – eher ein Abschlussthema als ein Leitthema

Bislang spielt das Thema Evolution im Sachunterricht an deutschen Grundschulen kaum eine Rolle. In dem *Perspektivrahmen* der *Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts* (GDSU 2013), welcher grundlegend für die Entwicklung der bundesländerspezifischen Lehrpläne und Schulcurricula ist, fehlt die Evolution als übergreifendes und perspektivvernetzendes Konzept. Vereinzelt finden sich im *Perspektivrahmen* Anknüpfungspunkte, insbesondere in Bezug auf das historische Lernen (z.B. Orientierung in der Zeit, Dauer und Wandel). Die Aspekte werden jedoch nicht evolutionsperspektivisch erschlossen[11]. Auch in den bundesweiten Rahmen- und Bildungsplänen für den Primarbereich schlägt sich dieser Mangel nieder. Ein Blick auf die Rahmenrichtlinien offenbart, dass themenrelevante Aspekte zwar häufig gestreift (z.B. Dinosaurier, Leben in der Steinzeit, Artenvielfalt, Tiere und Pflanzen in ihrem Lebensraum, Fossilien, Ordnen und Vergleichen, Zeitleisten erstellen), jedoch nicht vernetzt und zusammenhängend im Lichte der Evolution thematisiert werden (Greiten 2010; Werther 2016). Insgesamt betrachtet wird der naturgeschichtlichen Perspektive keine große Bedeutung zugewiesen.

Das betrifft nicht nur den Primarbereich. Auch in den Sekundarstufen wird die Evolution im Biologieunterricht in Deutschland tendenziell eher als ein Abschluss- und Randthema

[11] Wie das Thema „Evolution" in der Grundschule perspektivvernetzend erschlossen werden kann, hat Kirsten Greiten in Form einer didaktischen Planungskarte zusammengestellt (Graf & Wieder 2017).

unterrichtet. Beispielsweise wird das Thema Evolution im gymnasialen Bildungsgang in Hessen in der Unterstufe kurz angeschnitten („Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst"), fehlt in der Mittelstufe als eigenes Unterrichtsthema und wird erst am Ende der Oberstufe (letzte Qualifikationsphase) *umfassender* behandelt (Hessisches Kultusministerium 2016). Das Wissen, welches im Biologieunterricht behandelt wurde, wird so quasi erst im Nachgang in einen übergreifenden naturgeschichtlichen Zusammenhang gestellt und nicht von Anfang an strukturiert und vernetzt im Lichte der Evolution aufgebaut. Das viel zu späte und bruchstückhafte Aufgreifen der Evolution steht im deutlichen Kontrast zu den nationalen wie internationalen Erklärungen von zahlreichen Biologen und Fachdidaktikern, welche die Evolution als ein grundlegendes, übergreifendes und vereinigendes Leitthema betrachten und eine möglichst *frühe* Vermittlung der Evolution fordern. In einigen Ländern (u.a. England, Italien, Frankreich, Kanada) hat die Forderung bereits Gehör gefunden und andere Ländern befinden sich gerade auf dem Weg das Evolutionsthema in den entsprechenden Primarcurricula zu etablieren (u.a. Berti et al. 2010; Campos & Sá-Pinto 2013; Chanet & Lusignan 2009; Fail 2008; Giffhorn & Langlet 2006; Graf & Wieder 2017; Hatcher 2015; Hermann 2011; Kattmann 1995; Kover & Hogge 2017; Marquardt-Mau & Rojek 2011; McVaugh et al. 2011; Nadelson et al. 2009; Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina 2017; Prinou et al. 2011; Russell & McGuigan 2019; Vázquez Ben 2018; Wagler 2010; Wagler 2012; Werther 2016).

4.2 Das Evokids-Projekt

Vor diesem Hintergrund setzt sich die Evokids-Projektgruppe dafür ein, dass das Thema Evolution auch im deutschen Schulsystem viel früher und umfassender behandelt wird (Eder et al. 2018). Die Evokids-Projektgruppe betrachtet die „Tatsache Evolution" als zentralen Bestandteil der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Ein Verständnis der Evolution sollte gemäß den Projektzielen in der Grundschule spätestens ab der 3. Klasse angebahnt werden, um Schülerinnen und Schüler auf den weiterführenden Unterricht in den Sekundarstufen vorzubereiten und beim Aufbau eines wissenschaftlich fundierten Menschen- und Weltbildes zu helfen (Evokids-Resolution 2015).

In der Evokids-Resolution, die am 1.11.2015 in der Hermann-Hoffmann-Akademie in Gießen im Rahmen des zweiten Evokids-Kongresses verabschiedet wurde, wird gefordert, dass *„der Themenkomplex „Evolution" in die Lehrpläne für die Grundschule*

aufgenommen und in den verpflichtenden Kanon der Unterrichtsinhalte eingegliedert wird" (Evokids-Resolution 2015). Da „naturwissenschaftliche" Lerninhalte dem Sachunterrichtet zugeordnet werden, ist das Unterrichtsthema Evolution in erster Linie im Sachunterricht zu verorten. Darüber hinaus bietet das Thema aber auch vielfältige fächerübergreifende und fächerverbindende Bezüge und kann interdisziplinäre Impulse anstoßen, was als zusätzliches Argument für die Thematisierung der Evolution angesehen werden kann. Auch der Religionsunterricht kann davon profitieren. Naturgeschichtliches Wissen kann dabei helfen, dass Grundschulkinder die „Schöpfungsmythen" aus religiösen Quellentexten besser einordnen und kontextualisieren können. Nach Ansicht der Projektgruppe lassen sich durch einen frühen Evolutionsunterricht kreationistische Fehldeutungen vermeiden (Evokids-Resolution 2015). Auch der Theologe Dr. Heinz-Hermann Peitz, Leiter des Fachbereichs Naturwissenschaft-Theologie an der Akademie der Diözese Rottenburg-Stuttgart, begrüßt die evolutionsbiologische Bildungsoffensive und fasst sie nicht als Bedrohung für den Religionsunterricht auf: „*Diese Initiativen sind nicht nur biologisch zu begrüßen, sie bieten auch den religionspädagogischen Kairos, früh- und rechtzeitig mit den SchülerInnen ein kompatibles und angemessenes Gottes- und Schöpfungsverständnis zu erarbeiten*" (Heinz-Hermann 2018; S. 21).

Das Evokids-Projekt wird vom Institut für Biologiedidaktik der Universität Gießen (Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dittmar Graf) und der Giordano-Bruno-Stiftung (GBS) getragen und von zahlreichen Wissenschaftlern unterstützt. Als Leitfigur des Evokids-Projekts fungiert das aus der „Augsburger Puppenkiste" bekannte Urmel von Max Kruse (1921-2015), der als Unterstützer des Evokids-Projekts das Kinderbuch „*Urmel saust durch die Zeit*" schrieb (Kruse 2013).

Vor dem Hintergrund, dass kindgerechte Unterrichtsmaterialien zum Themenkomplex Evolution im deutschsprachigen Raum nicht vorhanden waren, hat die Evokids-Projektgruppe zahlreiche Lehr-Lernmaterialien mit handlungsorientierten Aufgaben für den schulischen Alltag entwickelt. Das didaktische Hauptprodukt stellt das Evokids-Lehrbuch dar, das Grundschullehrkräften beim Gestalten des Evolutionsunterrichts helfen soll (Graf & Schmidt-Salomon 2017). Das Lehrbuch wird durch umfangreiche Zusatzmaterialien ergänzt. Sämtliche Projektmaterialien (Lernvideos, Anleitungen, Praxistipps) wurden in Form von Evokids-Boxen an Grundschulen verschickt und sind online kostenfrei zugänglich und downloadbar (Abbildung 4). Außerdem wurde ein Puppen-

theaterstück („*Die drei Nussgetiere von Darwinello*“) exklusiv für das Evokids-Projekt konzipiert, das von Grundschulen gebucht werden kann.

Inzwischen findet eine Internationalisierung des Evokids-Projekts statt. Einige Lernmaterialien wurden ins Englische und teilweise auch ins Türkische übersetzt (z.B. das Lernvideo „*Big Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*“). Zusätzlich zu diesen zahlreichen Lernangeboten entwickelte die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dittmar Graf unter der Mitwirkung von Lehramtsstudierenden der JLU Gießen eine Vielzahl an weiteren Unterrichtsmaterialien zum Themenkomplex Evolution (Graf & Wieder 2017).

Abbildung 4: Die Evokids-Website. Auf dieser Website (https://evokids.de) werden aktuelle Informationen zum Evokids-Projekt gegeben. Für den Unterricht besonders interessant sind die Evokids-Lehrnmaterialien. Das Evokids-Lehrbuch "*Evolution in der Grundschule*" mit den Arbeitsblättern und Zusatzmaterialien sowie die Evokids-Videos (das Video "*Big Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*" und das Video "*Wie funktioniert Evolution?*") stehen dort Lehrenden wie auch Lernenden kostenfrei zur Verfügung.

5 Anlage der Forschungsarbeit

5.1 Forschungsdesiderat

Obwohl die Erforschung von Schülervorstellungen seit den 1970er Jahren voranschreitet und zu vielen wichtigen naturwissenschaftlichen Themenbereichen bereits Vorstellungen von Grundschulkindern erhoben wurden, steckt die Erforschung von Kindervorstellungen zum Themenkomplex Evolution noch in den Anfängen. Während Vorstellungen zur Evolution im Sekundarbereich, insbesondere zum evolutionären Anpassungsmechanismus, gut untersucht sind und zahlreiche Studien Verständnisschwierigkeiten bezüglich evolutionsbiologischer Konzepte aufgezeigt haben, gibt es nach wie vor nur wenige empirische Untersuchungen zu den Präkonzepten von Grundschulkindern (Berti et al. 2010; Evans 2000, 2001; Samarapungavan & Wiers 1997). Ob die in einigen Ländern erhoben Kindervorstellungen (z.B. überwiegend kreationistische Vorstellungen bei den 8- bis 10-jährigen US-amerikanischen Kindern) entwicklungsbedingt durch kognitive Grundeinstellungen – unabhängig vom religiösen Glauben – vermehrt auftreten und sich kulturübergreifend wiederfinden lassen oder ob sie stärker soziokulturell gebunden sind und dementsprechend im zentraleuropäischen Kultur- und Bildungsraum eher von geringerer Relevanz für die Unterrichtsplanung und -durchführung sind (worauf erste Befragungen hindeuten), ist noch nicht hinreichend geklärt. Im deutschsprachigen Raum liegen nur sehr wenige empirische Daten zu den Vorstellungen von Kindern im Grundschulalter vor. Bislang wurden im deutschsprachigen Raum schwerpunktmäßig Präkonzepte zur Angepasstheit der Lebewesen erhoben (Rojek et al. 2012, Werther 2016). Ursprungsfragen und grundlegende Fragen zur evolutionären Entwicklung sowie Fragen zu zentralen Schlüsselkonzepten wie der Variation und der evolutionären Verwandtschaft wurden bisher kaum gestellt oder nicht tiefergehend nachgegangen. Überdies blieben die Menschenaffen bei bisherigen Präkonzepterhebungen unberücksichtigt. Es mangelt insgesamt an Vorstellungserhebungen zur Humanevolution, die häufig (wenn überhaupt) als Abschlussthema im Evolutionsunterricht behandelt und generell als „schwierig zu verstehen“ eingestuft wird (DeSilva 2004; Groß & Gropengießer 2008; Pobiner 2012; Seoh et al. 2016). Zudem ist bisher kaum untersucht, inwiefern ein Unterricht zur Evolution die Präkonzepte der Grundschulkinder beeinflusst (Hedegaard 1996; Møller Andersen & Hesselholdt 1998). Insbesondere existiert im Hinblick auf die Konzeption, Ausgestaltung und Evaluation der Evokids-Lernmaterialien ein erheblicher Forschungs-

bedarf. Bislang wurde noch nicht untersucht, ob und wie sich die Kindervorstellungen entwickeln, wenn im Sachunterricht Evokids-Lernmaterialien eingesetzt werden. Die Erforschung von Vorstellungsentwicklungen und die Evaluation von Evokids-Lernmaterialien steht noch aus, um Aussagen über die Umsetzbarkeit der Evokids-Projektziele treffen zu können (Graf & Schmidt-Salomon 2017).

5.2 Forschungsdesign und Forschungsfragen

Die vorliegenden Forschungsarbeit orientiert sich am Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann 2007b). Während die wissenschaftliche Perspektive aus der internationalen Fachliteratur erschlossen wird (Kapitel 2), wird die Lernerperspektive mittels qualitativen Interviews erhoben (Vogl 2015). Für das qualitativ-exploratives Vorgehen spricht nicht nur, dass Grundlagen des Forschungsgebiets nahezu unerforscht sind, sondern auch, dass standardisierte und schriftliche Befragungen nicht die nötige Offenheit und Flexibilität bieten, um auf die Vorstellungswelt und die Fertigkeiten der Grundschulkinder individuell eingehen zu können.

Der qualitative Forschungsansatz der vorliegenden Studie hat das Ziel die Evolutionsgeschichte und Schlüsselkonzepte zum Themenkomplex Evolution aus der Perspektive der Grundschulkinder mittels teilstandardisierten Erhebungsinstrumenten zu erkunden. Im ersten Teil der vorliegenden Forschungsarbeit wird danach gefragt, über welche Vorstellungen Dritt– und Viertklässler zur Evolution im Allgemeinen und zur Humanevolution im Speziellen verfügen. Leitende Fragestellungen sind hierbei:

Fragen zur Evolution im Allgemeinen (Fragekomplex I):

- Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder zu Lebewesen der Frühzeit und zum Ursprung der Lebewesen?
- Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder zu Veränderungen der Lebewesen im Laufe der Erdgeschichte?
- Wie ordnen Grundschulkinder Lebewesen?

Fragen zu den Menschenaffen als Teil der Erdgeschichte (Fragekomplex II):

- Wie und als was sehen Grundschulkinder den Menschen im Verhältnis zu seinen nächsten Verwandten (Mensch-Affen-Verhältnis)?
- Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder zu den Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen?

- Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder zur innerartlichen Variation am Beispiel der Menschenaffen (Schimpansen)?
- Welche Vorstellung haben Grundschulkinder zur Entstehung des Menschen?
- Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder zu Veränderungen im Laufe der Menschheitsgeschichte?

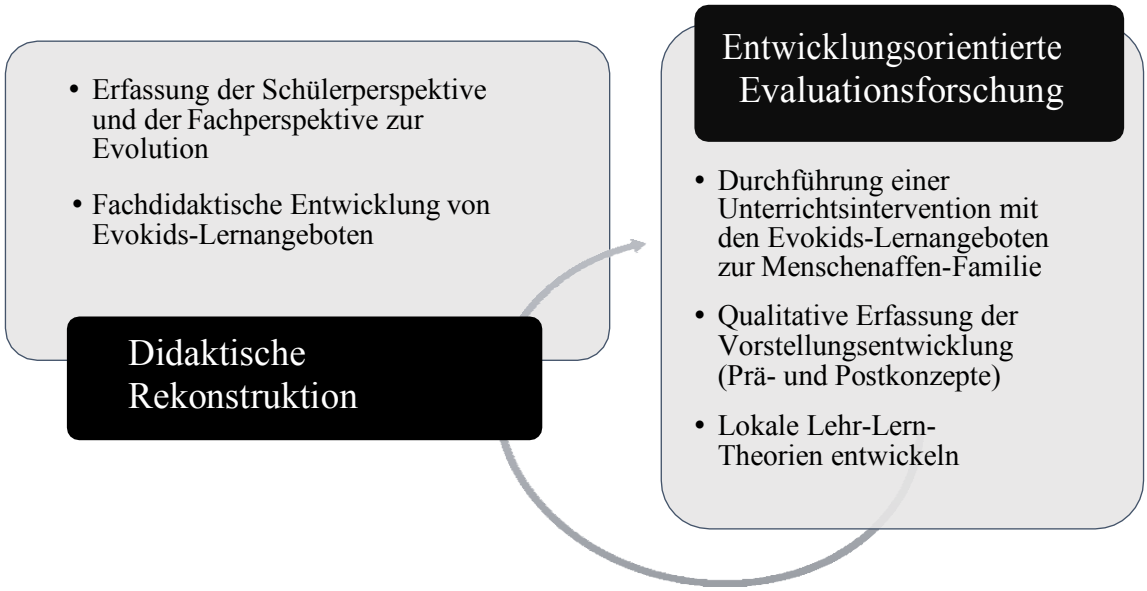


Abbildung 5: Forschungsansatz und Design der Studie. Der vorliegenden Forschungsarbeit liegt ein qualitativer, hypothesengenerierender Forschungsansatz zugrunde. Die Studie ist zweiteilig: Zum einen wird im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion Schülervorstellungen erfasst, Anknüpfungspunkte herausgearbeitet und Evokids-Lernangebote zur Menschenaffen-Familie entwickelt und in einer Unterrichtseinheit zusammengestellt. Zum anderen wird die entwickelte Unterrichtseinheit im nicht-experimentellen Design erforscht und evaluiert. Die didaktische Rekonstruktion und die entwicklungsorientierte Evaluationsforschung sind dabei eng miteinander verzahnt. Das qualitativ-explorative Vorgehen basiert auf einer lokalen Analyse ausgewählter Personen und ist immer kontextgebunden. Die Forschung verläuft im Sinne der Aktionsforschung zyklisch und versucht schulpraktische Probleme in Zusammenarbeit mit Lehrkräften zu lösen.

Zudem stellt sich die Frage, welche *Vorstellungsentwicklungen* zum Thema Evolution im Primarbereich möglich sind. Zur Untersuchung der Vorstellungsentwicklung werden Evokids-Lernangebote zum zweiten Fragenkomplex (Menschenaffen) entwickelt und in einer Intervention im schulischen Lernumfeld genutzt. Dementsprechend wird die didaktische Rekonstruktion im zweiten Teil der Forschungsarbeit mit dem praxisnahen Ansatz der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (u.a. auch Design-Based Research

genannt) verknüpft, die sowohl auf die Entwicklung praxistauglicher Lehr-Lernprodukte als auch auf die Erforschung der initiierten Lernprozesse fokussiert (Prediger et al. 2012). Angelehnt an diesen Forschungsansatz werden die Kindervorstellungen daher nicht nur im Rahmen eines Ein-Gruppen-Pretest-Posttest-Plans durch Einzelinterviews *vor* (M_{pre}) und *nach* (M_{post}) dem Unterricht erhoben. Zusätzlich werden auch die Aktivitäten und Äußerungen der Grundschulkinder *während* des Evolutionsunterrichts dokumentiert, um die Vorstellungen qualitativ zu erfassen, die sich im und durch den Unterricht entwickeln (Lernprozessuntersuchung).

In der zweiten Untersuchung wird folgenden Fragestellungen nachgegangen:

- Welche Vorstellungen äußern die Grundschulkinder vor, während und nach dem Evolutionsunterricht zur „Menschenaffen-Familie“?
- Inwieweit ist das entwickelte Evokids-Lernangebot zur „Menschenaffen-Familie“ im Hinblick auf die Anbahnung evolutionsbiologischer Schlüsselkonzepte lernförderlich beziehungsweise lernhinderlich?

Die qualitative Erfassung der individuellen Vorstellungsentwicklungsprozesse in komplexen Unterrichtsituationen, als Teil der Erfassung der Lernerperspektive, sollen wiederum bei der didaktischen Rekonstruktion und der Verbesserung und Ausgestaltung der Lernangebote helfen, um schließlich praxistaugleiche und erprobte Lernprodukte entstehen zu lassen (Abbildung 5). Die Vorstellungsentwicklung und die Lernergebnisse werden summativ und einzelfallbezogen analysiert. Die qualitative entwicklungsorientierte Evaluationsforschung (Krüger 2003) hat in der vorliegenden Arbeit schwerpunktmäßig explorativen und hypothesengenerierenden Charakter. Die Forschung zielt darauf ab Lernschwierigkeiten und Lernpotentiale zu entdecken sowie erste Einblicke bezüglich der Erlernbarkeit evolutionsbiologischer Schlüsselkonzepte im Primarbereich zu erhalten. Durch die qualitativen Lernprozessbeobachtungen können „lokale Theorien“ zu Lehr-Lernprozessen gewonnen werden (Brennecke 2015; Prediger et al. 2012; Roth 2017).

6 Material und Methoden

Die gestellten Forschungsfragen erfordern qualitative Methoden. Die Methoden werden im Folgenden zweiteilig beschrieben. Im ersten Methodenteil wird das Vorgehen der explorativen Erhebungen der Kindervorstellungen zur Evolution (erster Forschungsteil) dargestellt. Im zweiten Methodenteil werden Entwicklung und Evaluation des Evokids-Lernangebots zur Menschenaffen-Familie näher beschrieben.

6.1 Qualitative Interviewstudie

Im ersten Forschungsteil wurden die Vorstellungen von Grundschulkindern aus der 3. und 4. Klasse zum Thema Evolution mittels leitfadenstrukturierten Einzelinterviews erhoben und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2002) aus der Perspektive der Forschungsfragen deskriptiv ausgewertet. Die leitfadenorientierten Tiefeninterviews der Untersuchung sind themenzentriert und halbstandardisiert. Die halbstandardisierte Form des Interviews wurde gewählt, damit die erhobenen Vorstellungen der einzelnen Kinder später miteinander verglichen werden konnten. Außerdem ermöglichte die halbstandardisierte Befragung ein relativ flexibles Eingehen auf die jeweilige Kinderperspektive. Das Leitfadeninterview zur Erhebung von Vorstellungen kann nach Niebert & Gropengießer (2014) auch der Variante des *problem-zentrierten Interviews* zugerechnet werden.

6.1.1 Entwicklung des Interviewleitfadens

Der Interviewleitfaden, der die Interviewsituation strukturiert, wurde in mehreren Phasen entwickelt (Reinders 2005). Zunächst wurden auf der Grundlage der vorhandenen Forschungsliteratur (Evans 2000; Samarapungavan & Wiers 1997) und dem Vorwissen zum Thema relevante Themengebiete abgeleitet. Daraus wurde eine erste Version des Leitfadens erstellt. Dieser war in dieser ersten Phase sehr breit gefächert und umfasste unterschiedliche evolutionsrelevante Themenfelder (Ursprung, Entwicklung und Aussterben von Lebewesen, Vererbung & Variation, die evolutionäre Angepasstheit von Lebewesen). Im Rahmen der Pilotphase wurde der Leitfaden an Dritt- und Viertklässlern getestet. Insbesondere wurden die praktische Umsetzbarkeit, Verständlichkeit und Klarheit der Fragen geprüft. Leitfragen wurden dann im Hinblick auf eine einfache, kindgerechte und eindeutige Sprache überarbeitet (keine Fremdwörter, möglichst kurze offene Fragen, Vermeidung von Verneinungen, keine Suggestivfragen). Im Rahmen der

Pilotierung wurde geprüft wie die befragten Kinder auf die Erzählstimuli reagieren. In diesem Zusammenhang wurde die Angemessenheit der Fragen kritisch hinterfragt. Einige Fragen fielen bei der Überarbeitung des Leitfadens weg (Fragen zur „Vererbung erworbener Eigenschaften"), während andere inhaltliche Aspekte stärker in den Vordergrund rückten. Das trifft auf den Aspekt der Humanevolution zu, da hier ein besonderes Interesse und Vorwissen bei den befragten Grundschulkindern erkennbar war. Im Rahmen einer zweiten Pilotphase wurde schließlich der in der Hauptuntersuchung eingesetzte Interviewleitfaden konstruiert und weiter optimiert (Anhang I, A). Inhaltlich zielt der abschließend entwickelte Leitfaden auf folgende evolutionsbiologische Aspekte: (1) Ursprung der Lebewesen und Evolutionsgeschichte im Allgemeinen, (2) Ordnen von Lebewesen, (4) Menschenähnlichste Lebewesen (5) Menschenaffen & Verwandtschaft, (6) Variation am Beispiel der Schimpansen (7) Ur- und Frühmenschen/ Entstehung der ersten Menschen.

Im Rahmen der Erprobung des Leitfadens wurden weitere Modifikationen vorgenommen. Unter Berücksichtigung der eingeschränkten narrativen Kompetenzen mancher Kinder wurden zur Initiierung und Vertiefung der Kommunikation verschiedene unterstützende und kommunikationsanregende Hilfsmittel (Spielfiguren, Bildkarten) hinzugezogen und im Rahmen der Probeinterviews auf die praktische Einsetzbarkeit getestet (Anhang I, A). Auch Kinderzeichnungen wurden als Aufgabenformat in das Interview integriert, damit den Kindern ermöglicht wurde, auch die sehr schwer zu verbalisierenden Vorstellungen nichtsprachlich auszudrücken (Anhang I, D). Zeichnungen und visuelle Stimuli (Bilder, Figuren) werden innerhalb der Kindheitsforschung häufig verwendet (Heinzel 2012; Krüger 2006; Reiß 2012). Auf den großen Vorteil solcher Erzählanreize weist Vogel (2015, S. 71) hin: „*Durch den zusätzlichen Reiz wird der anvisierte Bereich aktualisiert und es wird wahrscheinlicher, dass das Kind versteht, was der Forscher meint, weil durch Bilder der Gegenstand viel konkreter wird als durch bloße verbale Präsentation*." Darüber hinaus wurden Begleitmaterialien (visuelle Stimuli, Zeichnungen) gewählt, weil sie für Abwechslung sorgen und das Potenzial haben, die Motivation der Kinder in Interviews zu erhöhen bzw. zu bewahren (Lohaus 1989; Vogl 2015).

6.1.2 Aufbau und Ablauf der Leitfadeninterviews

Im Folgenden werden der Aufbau und die Durchführung der Leitfadeninterviews dargestellt. Leitfadeninterviews lassen sich nach Reinders (2005) in drei typische Phasen

aufgliedern: Die Aufwärmphase (Warm-Up), die Hauptphase und den Ausklang. In der *Aufwärmphase* wurde eine entspannte und vertrauensvolle Atmosphäre erzeugt und die Kinder behutsam an die Interviewsituation herangeführt. Nach der Ermittlung von Grunddaten (Alter, Klasse) wurden die Aufnahmegeräte vorgestellt, auf die Anonymisierung der Daten hingewiesen und nach der Zustimmung bezüglich der Teilnahme gefragt. Zudem wurde das Interesse an den Vorstellungen der Kinder bekundet und der Expertenstatus der Kinder bekräftigt. Außerdem wurde darauf hingewiesen, dass es in den Interviews keine richtigen und falschen Antworten gibt. Den Kindern wurde mitgeteilt, dass der Interviewer kein Lehrer ist, dass es sich um keine Prüfungssituation handelt und dass keine Noten vergeben werden. Dadurch sollte der evtl. vorhandene Leistungsdruck der Kinder gesenkt werden „richtige" Antworten geben zu müssen.

Im *Hauptteil* des Leitfadens waren die angesprochenen Themenbereiche und die wichtigsten Leitfragen vorgegeben und an den Forschungsfragen ausgerichtet (Reinders 2005). Die Einstiegsimpulse und Aufgabenstellungen (mit den Hilfsmaterialien) zu den jeweiligen Themenbereichen waren zwar vorstrukturiert, aber hinreichend offen, dass auch Kinder, die keine Vorstellungen zur Evolution hatten (sondern z.B. über Schöpfungsvorstellungen verfügen) sich uneingeschränkt äußern konnten. Auf die Äußerungen zu den ersten Fragen der Kinder folgten dann jeweils anknüpfende individuelle Ergänzungsfragen. Hier konnte je nach der Interviewsituation und den Antworten der Kinder (insbesondere bei neu auftauchenden Aspekten) vom Leitfaden abgewichen werden, sodass die nötige Offenheit und Flexibilität gegeben war, um auf die Kinderperspektive einzugehen (teilstandardisiertes Verfahren). Der Interviewleitfaden wurde so konstruiert, dass die Aspekte aufeinander aufbauten und die gestellten Fragen vom Allgemeinen zum Speziellen verliefen (Vogl 2015).

Themenbereiche und Leitfragen im Hauptteil der Interviews

(1) Ursprung der Lebewesen und die Evolution im Allgemeinen

Im ersten Teil der Hauptphase des Leitfadeninterviews wurden die Lebewesen der Erdfrühzeit thematisiert. Als Einstieg sollten die Kinder zeichnen, wie sie sich das erste Lebewesen, das je auf der Erde war, vorstellen („*Wie stellst du dir das erste Lebewesen, das je auf der Erde war, vor? Zeichne ein Bild*."). Die Kinder wurden dann gebeten, ihre Zeichnung zu erläutern. Ausgehend von der jeweiligen Kinderzeichnung wurde dann weiter gefragt. Zum Beispiel wurde die Frage nach dem Ursprung des gezeichneten

Lebewesens gestellt („*Wie entstand das erste Lebewesen?*“). Im weiteren Verlauf wurde darauf eingegangen, ob sich Lebewesen aus der Frühzeit von den Lebewesen, die heute existieren, unterscheiden und wenn ja, inwiefern und wieso. Wenn das Kind von einer Unveränderbarkeit der Lebewesen im Laufe der Erdgeschichte ausging, wurde darauf eingegangen.

Kurze Pause und Vorbereitung der nächsten Aufgabe

Nach dem ersten Fragekomplex wurde eine kurze Pause eingeplant. In dieser Zeit wurde vom Interviewer das nächste Aufgabenformat vorbereitet. Dazu wurden die folgenden Spielfiguren von Schleich® in einer willkürlichen Anordnung auf den Tisch gestellt: Stegosaurus, Farnpflanze, Weißkopfseeadler, Schwertwal (Orca), Giraffe, Klapperschlange, Riesenschildkröte, Totenkopfäffchen, Gibbon, Orang-Utan, Gorilla, Bonobo, gewöhnlicher Schimpanse (jung) und ein moderner Mensch (Anhang I, A). Bis zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Spielfiguren in einer Box und waren für die Kinder nicht sichtbar.

(2) Benennen und Ordnen von Lebewesen

Vorab sollten die Kinder alle Lebewesen (Spielfiguren) betrachten und benennen. Danach wurde den Kindern die Aufgabe gestellt, die Lebewesen *frei* nach ihren Vorstellungen zu ordnen. Sie wurden gebeten, ihre Anordnung zu begründen, damit deutlich wurde, *wie* und nach welchen Kriterien die Kinder die Lebewesen geordnet haben.

(3) Menschenähnlichste Lebewesen (Gemeinsamkeiten/Unterschiede)

Im Anschluss an das Ordnen der Lebewesen wurde erfragt, welche Tiere den Menschen am meisten ähneln. Anknüpfend daran wurde weitergefragt in welchen Merkmalen sich die menschenähnlichsten Lebewesen und die Menschen ähneln, was sie voneinander unterscheidet und ob Menschen im Vergleich zu den anderen Lebewesen etwas Besonderes haben.

(4) Menschenaffen und Verwandtschaft

Im weiteren Verlauf des Interviews wurde nach dem Begriff „Menschenaffen“ gefragt, um herauszufinden, was Kinder über Menschenaffen denken und welche Assoziationen mit dem Terminus „Menschenaffen“ verbunden sind. Wenn Kinder mit dem Wort nichts anfangen konnten, wurde im weiteren Verlauf alternativ der Terminus „Affe“ verwendet. Die Kinder wurden gebeten, die Menschenaffen/Affen zu beschreiben. Außerdem sollten

die Kinder alle Menschenaffen/ Affen (Spielfiguren) zusammenlegen und erklären, woran sie erkannt haben, dass die ausgewählten Lebewesen zu den Menschenaffen/Affen gehören. Darüber hinaus wurden die Kinder gefragt, ob die Menschenaffen miteinander verwandt seien. Abschließend und zur Überleitung zu Teil 5 der Befragung wurde auf einen der ausgewählten Menschenaffen/Affen (der die Kinder am meisten interessiert) näher eingegangen. Es wurde gefragt wo die Menschenaffen (z.B. Schimpansen) leben und wieso die Menschenaffen in dem Lebensraum gut überleben können.

Pause und Vorbereitung der nächsten Aufgabe

Es wurde erneut eine Pause eingelegt. Die Kinder konnten aufstehen, sich kurz bewegen, etwas trinken und auch eine Kleinigkeit essen. In der Zwischenzeit hat der Interviewer alle Spielfiguren weggeräumt und die nächste Aufgabe mit den jeweiligen Begleitmaterialien (Schimpansen-Bildkarten, Dschungel-Vorlage) vorbereitet.

(5) Variation am Beispiel der Schimpansen (Bildwahlverfahren)

Für die Erhebung des Variationsverständnisses wurden die Kinder gebeten, sich eine vierköpfige Gruppe von Schimpansen (Population) im Dschungel vorzustellen. 4x4 Schimpansen-Bildkarten (insgesamt 16 Karten; Schimpansen-Art *Pan troglodytes*) wurden gemischt und zufällig angeordnet auf den Tisch gelegt (Anhang I, A). Den Kindern wurde nicht mitgeteilt, dass es sich bei allen 16 abgebildeten Gesichtern um Schimpansen-Gesichter handelt. Es gab vier unterschiedliche Gesichtsmotive (dunklere und hellere Schimpansen-Gesichter mit individuellen Merkmalen). Jedes der vier unterschiedlichen Gesichtsmotive kam auch viermal *uniform* vor (Anhang I, A). Die Kinder erhielten den Auftrag aus den 16 Bildkarten vier Schimpansen-Karten entsprechend ihrer Vorstellung auszuwählen und in eine Dschungel-Vorlage zu legen. Die Vorlage bestand aus vier freien Feldern. Der Hintergrund war entsprechend der Eingangsfrage in einem Dschungel-Design gestaltet (Anhang I, A). Bei den 16 Schimpansen-Bildkarten handelt es sich um ein mehrdeutiges Reizmaterial. D.h. die Kinder konnten bei der Aufgabe eine typologische Bildkartenauswahl treffen (vier Bildkarten vom gleichen Typ) oder aber die Karten frei „variativ“ miteinander kombinieren.

Anschließend wurde zur Abklärung nachgefragt, wieso diese vier Bildkarten gewählt wurden. Dann wurde je nach Auswahl unterschiedlich weitergefragt. Wenn das Kind unterschiedliche Schimpansen gelegt hatte, wurden in der Regel Fragen zur Variation

gestellt, um das Variationsverständnis der Kinder zu erkunden („*Können sich Schimpansen unterscheiden?*“, „*Welche Unterschiede kann es zwischen Schimpansen geben?*“, „*Wie kommt es dazu, dass sie unterschiedlich aussehen?*“). Wählte ein Kind mehrheitlich die gleichen Schimpansen, wurde weiter nachgefragt, um sicherzustellen, dass die typologisch uniforme Auswahl tatsächlich der Vorstellung der Befragten entspricht.

Kurze Pause und Vorbereitung der nächsten Aufgabe
In der kurzen Pause wurden die Materialien zur vorangegangenen Aufgabe abgeräumt und leere Blätter und Stifte für die nächste Aufgabe bereitgestellt.

(6) Ur- und Frühmenschen und die Entstehung der ersten Menschen
Die Vorstellungen zu den ersten Menschen wurden mittels Kinderzeichnungen erhoben („*Wie sahen die ersten Menschen aus? Zeichne ein Bild wie sie damals aussahen.*“). Die Kinder wurden anschließend gebeten, ihre Zeichnung zu beschriften und (verbal) zu beschreiben („*Erzähle mir bitte, was du alles gemalt hast. Wer waren die ersten Menschen?*“). Im weiteren Verlauf des Interviews wurden Fragen zu Veränderungen im Laufe der Menschheitsgeschichte gestellt und je nach Antwort weitergefragt (z.B. „*Wie haben sie sich verändert?*“). Auch nach der Entstehung der ersten Menschen wurde gefragt („*Wie sind die ersten Menschen entstanden?*“). Je nach Antworten konnten die Grundschulkinder ihre Zeichnungen erweitern (z.B. „*Zeichne, wie die Vorfahren der ersten Menschen aussahen*“ oder „*Wie schuf Gott die ersten Menschen?*“). In der Schlussphase wurde mit einem direkten Gesprächsimpuls Vorstellungen zur Affen-abstammung nachgegangen („*Man hört häufig, dass die Menschen von Affen abstammen/Menschen sich aus den Affen entwickelt haben. Wie siehst du das?*“). In der *Ausklangsphase* konnten ggf. noch individuelle Ergänzungen und unberücksichtigte Aspekte aufgegriffen werden. Hier wurde häufig nach der Zukunft der Menschen gefragt. Nach abschließenden Worten und der Übergabe eines kleinen Geschenks wurde das Interviewgespräch beendet.

Soziodemographische Daten zur Religionszugehörigkeit wurden nach den Interviews erhoben, um Ausstrahleffekte auf das Interview zu vermeiden. Direkt im Anschluss an die Befragungen wurde jedes Interview kurz reflektiert, wobei Auffälligkeiten und auch Gespräche vor dem Einschalten bzw. nach dem Ausschalten der Aufnahmegeräte (wenn inhaltlich relevant) in einem Postskriptum notiert wurden.

Während des Interviews wurden die Antworten der Kinder nicht bewertet oder korrigiert. Eine offene, verständnisvolle und wertschätzende Haltung wurde eingenommen, wobei jede geäußerte Vorstellung der befragten Kinder willkommen war. Bei der Untersuchung wurden alle Kinder in einer vertrauten und ungestörten Umgebung interviewt. Mit der Ausnahme von zwei Interviews waren keine weiteren Personen im Raum (die dritte Person hielt sich zurückhaltend im Hintergrund auf und hatte während des gesamten Interviews keinen Blickkontakt zum befragten Kind).

Die Interviewdauer variierte von Kind zu Kind. Im Schnitt dauerten die Interviews ca. 45-50 Minuten. Diese Länge liegt bei 8- bis 12-jährigen Kindern im Rahmen der Aufmerksamkeitsspanne bei Face-to-Face-Befragungen (Alt & Quellenberg 2005), insbesondere, wenn die Interviews sehr abwechslungsreich „*mit einem Wechsel verschiedener Frage- und Aufgabenformen bzw. mit unterschiedlichen Hilfsmitteln, evtl. auch mit kurzen Bewegungsphasen*“ gestaltet wurden (Vogl 2015, S. 97). Die visuell gestützten Einzelinterviews des ersten Forschungsteils fanden über mehrere Vormittage verteilt im Zeitraum vom Herbst 2016 bis zum Frühling 2017 statt, wobei nicht mehr als zwei Sitzungen an einem Tag stattfanden, um die Qualität der Interviews nicht durch einen möglichen Konzentrationsabfall des Interviewers zu gefährden.

6.1.3 Stichprobe

In der Hauptuntersuchung wurden insgesamt 17 Kinder der 3. und 4 Klasse interviewt (7 Jungs und 10 Mädchen). Die befragten Grundschulkinder waren zwischen 8-11 Jahren alt (∅9,5%). Es lassen sich zwei nahezu gleichgroße Altersgruppen bilden. Während die junge Gruppe neun 8- bis 9-jährige Kinder umfasst (53%), gehören zur älteren Gruppe acht Kinder im Alter von 10-11 Jahren (47%). Die Kinder wurden nach Zugangsmöglichkeit aus verschiedenen hessischen Grundschulen und außerschulischen Einrichtungen, einem buddhistischen Zentrum und einem Moscheeverein gewonnen. Zur Rekrutierung wurden Gatekeeper (Grundschullehrkräfte und Vereinspersonal) eingesetzt. Die befragten Kinder kamen aus ländlichen, vorstädtischen und städtischen Einzugsgebieten in Hessen (Raum Gießen-Marburg, Frankfurt, Büdingen). Das Stichprobensampling ist kontrastreich in Bezug auf die Schulleistung und die kulturellen und religiösen Hintergründe der Kinder. Es wurde nach Auskunft der Gatekeeper sowohl leistungsstarke als auch leistungsschwächere Schülerinnen und Schülern rekrutiert. Außerdem haben vier der befragten Kinder einen Migrationshintergrund. Diese Kinder nehmen regelmäßig an bekenntnis-

orientierten Islamkursen in einem Moscheeverein teil. Die Kinder mit muslimischen Sozialisationshintergrund wurden in einem Nebengebäude einer Moschee interviewt. Ein Kind mit buddhistischen Sozialisationshintergrund wurde zu Hause befragt und die restlichen Kinder der Stichprobe in schulischen Räumlichkeiten. Alle Kinder hatten bis zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keinen Evolutionsunterricht. Bei allen interviewten Kindern wurde zuvor das Einverständnis der Erziehungsberechtigten eingeholt.

6.1.4 Videographie

Die Daten wurden mittels Ton- und Videoaufnahmegeräten erhoben und anschließend verschriftlicht. Das Interview wurde videographiert, um neben den verbalen Äußerungen auch die Zeichenprozesse (Kinderzeichnungen) und die Ordnungs- und Legevorgänge zu dokumentieren (Abbildung 6).

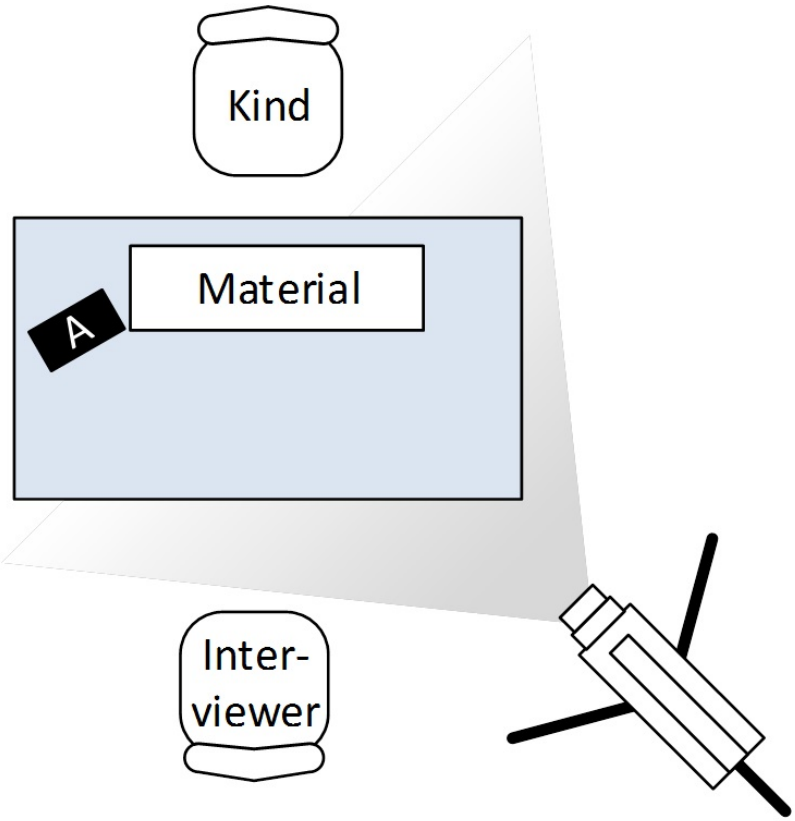


Abbildung 6: **Das Interviewsetting.** Die Kamera (K) filmt das interviewte Kind und die Begleitmaterialien auf dem Interviewtisch (Figuren, Zeichnungen). Die Videokamera wurde auf einem Teleskopstativ fixiert und aus erhöhter Perspektive (Kavalierperspektive von der rechten bzw. linken Seite) in Richtung Kind/Tisch ausgerichtet. Zusätzlich wurde zur Absicherung der Tonqualität ein Audioaufnahmegerät (A) auf dem Tisch platziert.

Das jeweilige Grundschulkind saß während des Interviews zusammen mit dem

Interviewer an einem Tisch. Der Kamerafokus war auf das Kind und den Tisch gerichtet, um die Begleitmaterialien und die Handlungen der Kinder zu erfassen. Die Videokamera stand dabei nicht im direkten Blickfeld der Kinder (Abbildung 6).

6.1.5 Transkription

Die Videoaufzeichnungen wurden mit dem Transkriptionsprogramm „f4transkript“ (Windows) bzw. „f5transkript“ (Mac) wörtlich inhaltlich-semantisch transkribiert (Dresing & Pehl 2018), wobei auch die sprachbegleitenden Handlungen der Kinder und spezifische Ereignisse während des Interviews verschriftlicht wurden (*kommentierte Transkription*) (Tabelle 1). Das Warm-Up und längere Pausen wurde nicht transkribiert, da sie im Hinblick auf die Forschungsfragen der Arbeit nicht relevant sind. Die Transkription beginnt jeweils mit der ersten themenrelevanten Frage. Die Verschriftlichung der Daten bildete den Ausgangspunkt für die weitere Datenauswertung und Analyse.

Tabelle 1: Notationsregeln mit Beispielen

Notation	Gebrauch/ Bedeutung
(Text)	Kommentierung parasprachlicher Aspekte (lachen, seufzen, räuspern), sprachbegleitender Handlungen und außersprachlicher Aspekte (z.B. „zeichnet“ oder „zeigt auf die Stegosaurus-Figur“)
(...)	Pause ab ca. 3 Sekunden
Mhm	Rezeptionssignal. Wenn die Bedeutung (bejahend, verneinend, fragend) ersichtlich ist, wird sie in Klammern dahinter festgehalten.
/	Abbruchzeiechen (bei Wortabbrüchen bzw. Satzabbrüchen)
(unverständlich)	Unverständliche Wörter und Passage des Transkriptes. Bei längeren unverständlichen Teilen wird die Ursache angegeben. Beispiel: „*Da ist (unv.; Schulglocke läutet). So stell ich mir das halt vor.*“
(?)	Unsicherheit beim Transkribieren. Wortlaut wird vermutet, z.B. (Tiger?)

6.1.6 Qualitative Inhaltsanalyse

Das methodische Vorgehen der Datenauswertung basiert auf der qualitativen Inhaltsanalyse, welche sich durch ein systematisches, regelgeleitetes und nachvollziehbares

Vorgehen auszeichnet (Mayring 2010). Bei der inhaltsanalytischen Auswertung der Einzelinterviews wurde nach dem Ablaufschema der *inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse* nach Kuckartz (2016) vorgegangen (Abbildung 7).

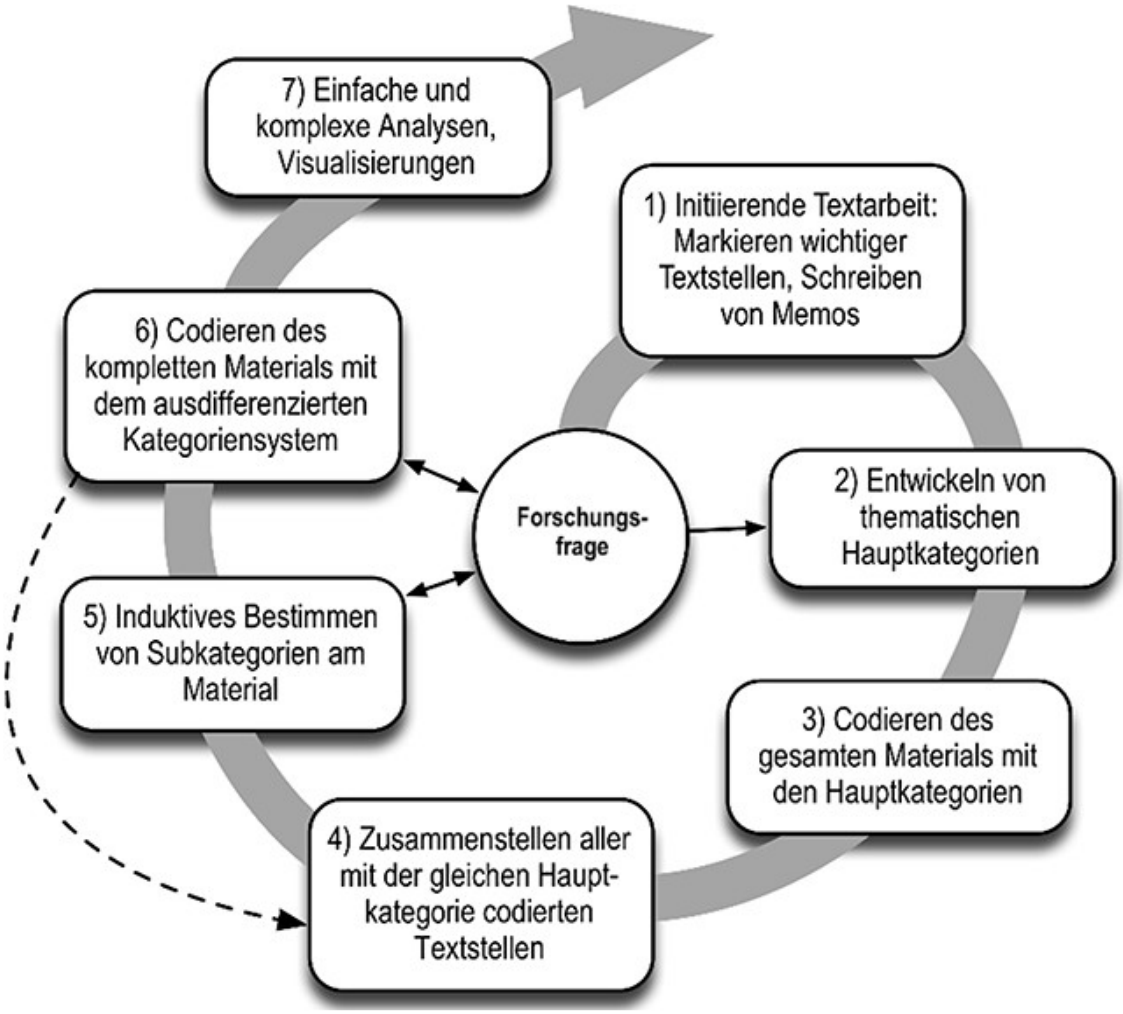


Abbildung 7: Ablauf der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016, S. 100)

Die Interviews wurden computergestützt mit MAXQDA 12 und MAXQDA Plus 2018 ausgewertet (Kuckartz & Rädiker 2019). Bei der Auswertung der Interviewdaten wurden die Äußerungen der Grundschulkinder in einem mehrstufigen Prozess thematischen Kategorien (Codes) zugeordnet. Für die Konstruktion des Kategoriensystems wurde ein *deduktiv-induktives* Vorgehen gewählt (Kuckartz 2016). Die gewählten Hauptkategorien stellen dabei Operationalisierungen der forschungsleitenden Fragen dar. Die gewählten Hauptkategorien wurden dementsprechend zunächst aus den Forschungsfragen deduktiv abgeleitet und dann induktiv am Material präzisiert (induktive Subkategorien).

Beim ersten Codierprozess wurden die Textstellen den Hauptkategorien zugeordnet. Daraufhin wurden alle Textstellen zusammengestellt, die der gleichen Hauptkategorien zugeordnet wurden (Abbildung 7). Anschließend wurden die Kategorien am Material ausdifferenziert und Subkategorien bestimmt. Dazu wurden die Subkategorien in der Regel in Form von In-vivo-Codes aus dem Interviewmaterial abgeleitet und dann, wenn es möglich war, zu abstrakteren Kategorien zusammengefasst (Kuckartz 2016).

Zur Nachvollziehbarkeit und Dokumentation der Auswertung wurde ein Kategorienhandbuch (Codebuch I) mit den jeweiligen Kategoriendefinitionen und konkreten Ankerbeispielen erstellt (Anhang I, B). Das entwickelte Kategoriensystem wurde getestet, im Team diskutiert, reflektiert und überarbeitet (konsensuelle und argumentative Validierung). Abschließend wurde das gesamte Material mit dem ausdifferenzierten Kategoriensystem codiert. Nach den standardmäßigen Codierregeln wurden Sinneinheiten codiert, die sich überlappen können, da in einem Abschnitt (oder sogar in einem Satz) mehrere Themen angesprochen werden können (Kuckartz 2016).

Im Anschluss an die Kategorienbildung und Codierung der Transkripte erfolgte die kategorienbasierte Analyse der Ergebnisse mit MAXQDA (Kuckartz 2016). Dazu wurde mit dem *Code-Matrix-Browser* und dem *Code-Relations-Browser* Matrizen erstellt, um die Codezuordnungen und Überschneidungen von Codes näher zu analysieren (Anhang III, A-B). Die Themenmatrizen wurden als Ausgangpunkt für die Analysen entlang der Hauptkategorien und den Zusammenhängen zwischen den Kategorien genutzt. Außerdem wurde mit der Hilfe von MAXQDA nach dem gemeinsamen Auftreten von Codes gesucht (MAXQDA-Konfigurationsanalysen). Verbindungen zwischen den soziodemographischen Daten (u.a. Alter, Klasse, Geschlecht, Migrationshintergrund) und den codierten Äußerungen wurden mittels Kreuztabellen untersucht (Kuckartz 2016).

Zu ausgewählten Kinderinterviews wurden vertiefende Einzelfallanalysen durchgeführt (Kuckartz 2016). Um hierbei eine möglichst kontrastreiche Auswahl treffen zu können, wurde aufbauend auf der inhaltlich strukturierenden Analyse eine *typenbildende Analyse* angeschlossen. Dazu wurde nach dem Verfahren von Kuckartz (2016) vorgegangen (polythetische Typenbildung): Zunächst wurden forschungsrelevante Hauptvergleichsdimensionen ausgewählt und der typenbildende Merkmalsraum festgelegt. Anschließend wurden für jedes befragte Grundschulkind fokussierte Fallzusammenfassungen bezogen auf die Kerndimensionen geschrieben und die Fälle nach Ähnlichkeit sortiert.

Unterstützend dazu wurden Ähnlichkeitsanalysen mit MAXQDA durchgeführt. Nach der Beschreibung der Typologie und der Zuordnung der Fälle zu den Typen wurden zusätzlich „sekundäre Informationen“ hinzugezogen, um Zusammenhänge zwischen den Typen, den soziodemographische Daten und den anderen Kategorien der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse, die bei der Bildung der Typen nicht im Vordergrund standen, darzustellen (Kuckartz 2016). Im Anschluss wurde schließlich zum Fallmaterial zurückgekehrt, um einzelne Stellvertreter der Typen nochmals in ihrer Gesamtheit und Komplexität zu betrachten (repräsentative Einzelfallinterpretation). Die präsentierten „Prototypen“ wurden auf dem Hintergrund der empirisch begründeten Typologie und einer nochmaligen Vergleichsbetrachtung der bereits analysierten Fälle ausgewählt. Im Zusammenhang mit den typenbasierten Einzelfallanalysen wurden auch die Zeichnungen der Kinder herangezogen. Bei der Interpretation der Zeichnungen wurden die Kinderäußerungen beim und nach dem Zeichenprozess als Crossvalidierung genutzt. Aufbauend auf der Typenbildung und den vertiefenden Einzellfallanalysen wurden schließlich MAXMaps-Profile modelliert, die Lernchancen und Lernhindernisse der jeweiligen Typen verdeutlichen (Kuckartz & Rädiker 2019)

6.2 Entwicklung und Evaluation einer Evokids-Unterrichtseinheit

Die Einblicke in die Vorstellungswelt der Kinder aus der Hauptuntersuchungen (erster Forschungsteil) sind in die Überlegungen zur Entwicklung einer Evokids-Unterrichtseinheit eingeflossen und wurden zur didaktischen Strukturierung und Ausgestaltung der Lerngegenstände für den Evolutionsunterricht genutzt. Im Rahmen des Evokids-Projekts wurde zunächst ein Lernspiel zur Menschenaffen-Familie („*Mach dich zum Affen*“) entwickelt (Graf & Schmidt-Salomon 2017), das dann im Verlauf des Forschungsprozesses im Hinblick auf eine Lehrintervention zusammen mit anderen veröffentlichten Evokids-Lernmaterialien in eine Unterrichtseinheit zum Thema Menschenaffen eingebunden wurde (Kapitel 6.2.1). Als Lehr-Lernmethode wurde das Stationenlernen mit der Sozialform der Kleingruppenarbeit gewählt. Die in einer Grundschule durchgeführte Evokids-Unterrichtseinheit wurde von einem Prä-Post-Test flankiert und videographiert (Kapitel 6.2.2 und Kapitel 6.2.4). Die transkribierten Prä- und Post-Interviews wurden anschließend mittels der evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz 2016).

6.2.1 Aufbau und Durchführung der Lehrintervention zur Humanevolution

Zur qualitativen Erhebung der Vorstellungsentwicklung der Grundschulkinder wurde eine Unterrichtsintervention konzipiert. Ein Tag vor und ein Tag nach dem Evolutionsunterricht wurden Interviews durchgeführt, um die Prä- und Postkonzepte der jeweiligen Kinder zu erheben, die am Evolutionsunterricht teilnahmen (Abbildung 8).

Prä-Test	Evolutionsunterricht		Post-Test
1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
Prä-Interviews	• Einführung im Sitzkreis • 5 Lernstationen (je 20 Minuten) • Besprechung im Sitzkreis	• Das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ (die drei Lerngruppen spielten das Spiel jeweils nacheinander)	**Post-Interviews**

Abbildung 8: Untersuchungsdesign der qualitativen Prä-Post-Studie. Vor und nach dem durchgeführten Evolutionsunterricht (Tag 2 und 3) wurden Interviews geführt.

Durchführung des Evolutionsunterrichts in der Grundschule

Zu Beginn des Evolutionsunterrichts wurden die Kinder im Klassenverband (im Plenum) in das Thema „Menschenaffen“ eingeführt (Abbildung 8). In der Einführungsphase wurden die Lerngruppen eingeteilt, organisatorische Hinweise und Aufträge zur Stationenarbeit gegeben. Zur ersten Orientierung fand auch ein gemeinsamer Rundgang entlang der Stationen statt. Zudem wurde ein Laufzettel, der zur Orientierung diente, ausgeteilt.

Lernstationen (Dauer: 3-4 Schulstunden)

Das im Evolutionsunterricht zur Humanevolution eingesetzte Lernangebot umfasst fünf inhaltlich zueinander in Beziehung stehende, aber auch unabhängig voneinander bearbeitbare Lernstationen (Anhang II, C). Die Stationen thematisieren grundlegende Schlüsselkonzepte der Evolution am Beispiel der Menschenaffen (Tabelle 2). Die Lernstationen wurden kooperativ in Gruppen (max. 4 Kinder) bearbeitet. Die Reihenfolge der Bearbeitung war nicht vorgeschrieben. Die Stationen konnten also in unterschiedlichen Richtungen durchlaufen werden. Ergänzend wurden eine Kontrollstation (mit Lösungen)

und eine Pufferstation (Wahlstation) zur Verfügung gestellt. Nach der Stationenarbeit wiederholte die Lehrkraft ausgewählte Inhalte und beantwortete aufkommende Fragen der Grundschulkinder.

Tabelle 2: Materialien und Schlüsselkonzepte der Evokids-Lernstationen

Name der Lernstation	Materialien	Schlüsselkonzepte
Wir sind alle verschieden	Arbeitsblatt, Messlatte, Stempelkissen	Variation am Beispiel der Menschen
Jedes Affengesicht ist anders	Arbeitsblatt, 12 Bildkarten mit verschiedenen Menschenaffen-gesichtern, Informationstext	Variation am Beispiel der Menschenaffen
Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher	Arbeitsblatt, Big Family-Film (gekürzte 10-minütige Version), Tablet & Kopfhörer	Evolutionäre Veränderlichkeit & Verwandtschaft
Der Stammbaum der Menschenaffen-Familie	Arbeitsblatt, Stammbaum-Ringbuch	Stammbaumdenken und -lesen
Erforsche die Menschenaffen	Arbeitsblatt, Menschenaffen-Faltbücher, Tabelle	Angepasstheit der Menschenaffen

Das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ (Dauer: 1 Schulstunde pro Lerngruppe)
Das im didaktischen Entwicklungsprozess der Arbeit konzipierte Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ wurde im Evokids-Lehrbuch veröffentlicht (Graf & Schmidt-Salomon 2017) und in einer modifizierten und überarbeitenden Form am 2. Unterrichtstag eingesetzt (Anhang II, C). Das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ kombiniert Regeln eines Such- und Sammelspiels mit Lernaktivitäten, die zum Erzählen und Schauspielern auffordern. Die an den vorangegangenen Lernstationen vermittelten Inhalte (Variation, evolutionäre Veränderlichkeit & Verwandtschaft, Stammbaumdenken und -lesen, Merkmale und Lebensräume der Menschenaffen) werden im Lernspiel aufgegriffen und zusammengeführt. Das Lernspiel wurde jeweils nacheinander in kleinen Lerngruppen (max. 4 Grundschulkinder) gespielt.

6.2.2 Prä-Post-Interviews

Die Interviews vor und nach der Unterrichtsintervention dienten der Erhebung der Prä- und Postkonzepte der Schülerinnen und Schüler. Zur Durchführung der Interviews waren Fragen vorgegeben, die sowohl für die Prä-Interviews als auch für die Post-Interviews

leitend waren. Die Konstruktion des Interviewleitfadens der qualitativen Prä-Post-Studie orientierte sich an dem entwickelten und erprobten Leitfaden der Hauptuntersuchung. Der thematische Schwerpunkt der Prä- und Postinterviews lag jedoch ausschließlich auf der Humanevolution (Anhang II, A). Die Interviews dauerten in der Regel jeweils 20-30 Minuten.

Zunächst sollten die Kinder die Menschenaffen (Gorilla, Schimpansen, Orang-Utan), welche auf einer Karte abgebildet waren (Anhang II, A**)**, benennen und beschreiben (u.a. „*Was sind das für Lebewesen?*“, „*Wie werden sie genannt?*“). Nach den Einstiegsfragen wurden entsprechend der Hauptuntersuchung die Kindervorstellungen zur Variation innerhalb einer Schimpansen-Population erhoben. Es folgten Fragen zu den ersten Menschen („*Wie sahen die ersten Menschen aus?*“) und der Veränderlichkeit der Menschen im Laufe der Zeit. Schließlich wurde nach der Entstehung der ersten Menschen gefragt („*Wie sind die ersten Menschen entstanden?*“). Die Fragen im letzten Teil des Interviews zielten auf die Vorstellungen zur Verwandtschaft der Menschenaffen. Der Interviewer fragte, *ob* und wenn ja, *wie* die Menschenaffen miteinander verwandt sind. Zusätzlich wurde auch der Fähigkeit zum Lesen des Menschenaffen-Stammbaums nachgegangen, sofern ein grundsätzliches Stammbaumdenken feststellbar war (z.B. Stammbäume gezeichnet wurden). Dazu wurden zwei verschieden gedrehte Menschenaffen-Stammbäume als Begleit- und Diagnosematerial genutzt und z.B. folgende Fragen gestellt: „*Wer ist im Stammbaum XY am nächsten/ entferntesten mit den Schimpansen verwandt?*“, „*Zeige in dem Stammbaum XY auf den gemeinsamen Vorfahren der Menschen, Schimpansen und Gorillas*“ (Anhang II, A**)**.

Bei der Durchführung der Prä- und Postinterviews waren aufgrund von organisatorischen Gründen drei verschiedenen Interviewer beteiligt. Alle Interviewer beschäftigten sich zuvor ausführlich mit dem Projekt und dem entwickelten Interviewleifaden. Außerdem wurden die Interviewer im Führen der Kinderinterviews geschult.

6.2.3 Stichprobe und Untersuchungszeitraum

Die Durchführung des Evolutionsunterrichts fand an einer hessischen privaten Grundschule im Main-Taunus-Kreis (Umland von Frankfurt) statt. Insgesamt nahmen 12 Kinder aus einer jahrgangsübergreifenden Klasse (3. & 4. Klasse) am Unterricht teil (9 männliche und 3 weibliche Probanden). Voraussetzung für die Durchführung des

Evolutionsunterrichts in der Grundschule war, dass eine Sachunterrichtslehrkraft zur Mitarbeit gewonnen werden konnte. Vor und nachdem das Einverständnis der Direktion und der Erziehungsberechtigten der Grundschulkinder vorlag, fanden mehrere Vortreffen mit der Lehrkraft statt. Dabei wurde die Durchführung der Unterrichtseinheit besprochen und organisiert. Nach Rücksprache stellte die Lehrkraft drei Lerngruppen mit jeweils vier Gruppenmitgliedern heterogen zusammen. Die drei Lerngruppen wurden nach drei Menschenaffen benannt (Schimpansen-Lerngruppe, Gorilla-Lerngruppe und Orang-Utan-Lerngruppe).

Drei Kinder waren nicht in an allen Unterrichtsstunden anwesend bzw. konnten nicht an den Interviews teilnehmen. Von den 12 Kindern wurden daher 9 Kinderinterviews zur qualitativen Auswertung (7 männliche und 2 weibliche Probanden) herangezogen. Diese wollten und durften an den Prä- und Postinterviews teilnehmen und waren in allen Unterrichtsstunden anwesend. Die Grundschulkinder waren zwischen 8 und 10 Jahren alt (Ø 9 Jahre). Der Evolutionsunterricht erfolgte innerhalb einer Schulwoche kurz vor den Sommerferien 2017 (Ende Juni 2017).

6.2.4 Videographie und Transkription

Sowohl die Interviews vor und nach dem Unterricht als auch der Evolutionsunterricht selbst wurde videobasiert dokumentiert. Der Prozess der Datenerhebung orientierte sich an dem von Dinkelaker & Herrle (2009) beschriebenen Vorgehens der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Videographien. Das Aufnahmesetting bei den Prä- und Postinterviews war gleich und entsprach dem der qualitativen Interviewstudie aus dem ersten Forschungsteil (Kapitel 6.1.4).

Während des Unterrichts hingegen musste das Aufnahmesetting mehrmals an die unterschiedliche Sitz- und Raumordnung angepasst werden, sodass die Anzahl und die Positionierung der Kameras während a) der Besprechungen im Plenum b) der Stationenarbeit und c) dem Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ variierte (Abbildung 9). Um die geäußerten Vorstellungen der Grundschulkinder *während* des Unterrichts zu erfassen und in ihrem jeweiligen Lehr-Lernkontext rekonstruieren zu können, wurde das Lehr-Lerngeschehen in seiner Komplexität möglichst umfassend aufgezeichnet. Dazu wurden bis zu acht Videokameras gleichzeitig eingesetzt (Abbildung 9).

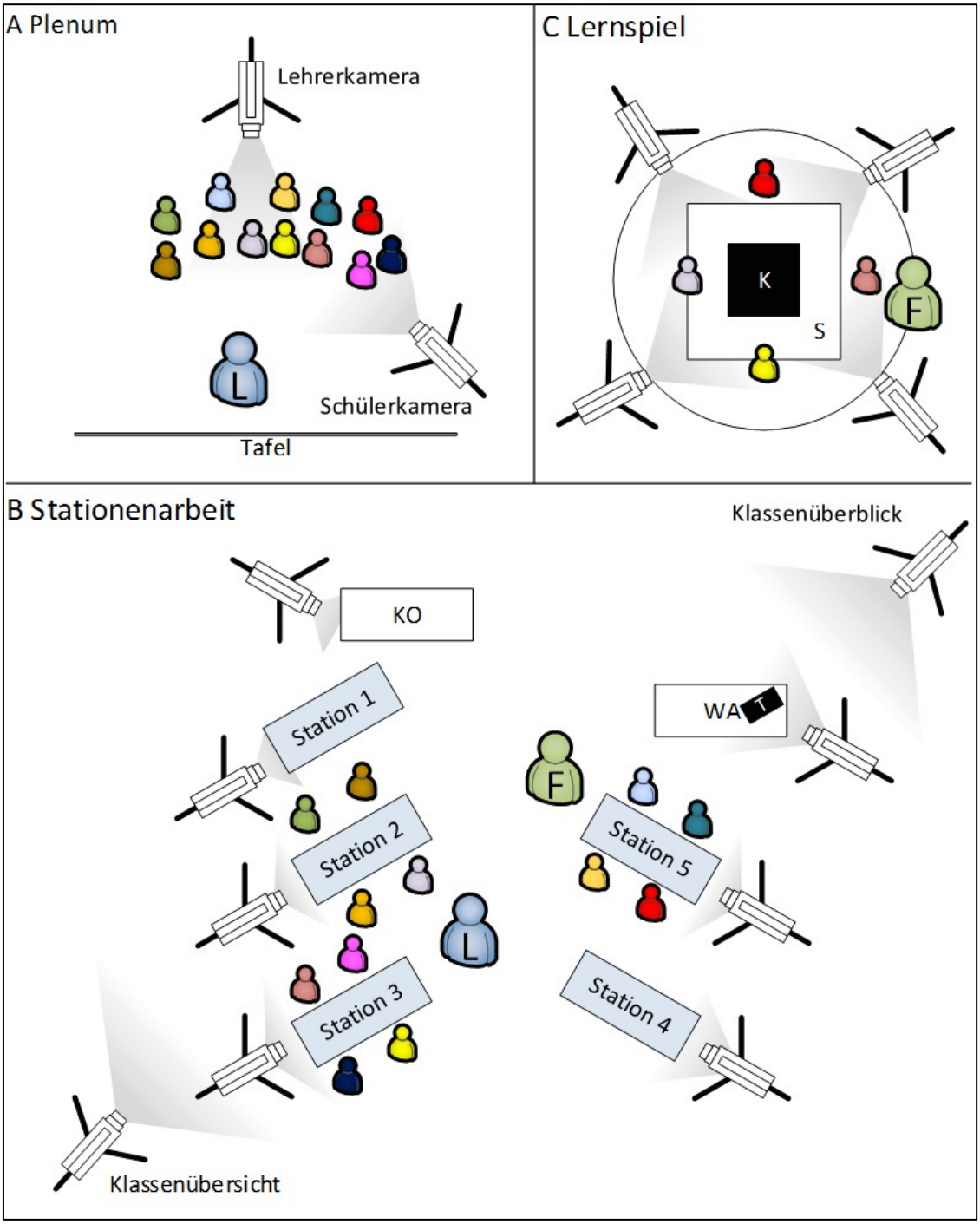


Abbildung 9: Kameraanordnung während des Unterrichts. Plenumsphase (A): Eine Standkamera ist auf die im Halbkreis sitzende Grundschulkinder fokussiert (Schülerkamera). Die andere Kamera ist auf die Lehrkraft und die Präsentationswand gerichtet (Lehrerkamera). Stationenarbeit (B): Sechs Kameras auf die einzelnen Stationen gerichtet und zwei Kameras zur Klassenübersicht (Kameras mit Weitwinkelobjektiven). Lernspiel (C): Die Lerninteraktionen und das Aufdecken der Menschenaffen-Bildkarten wurde multiperspektivistisch mit vier Standkameras und einer an einem Deckenstativ befestigten Kamera (K) aus der Vogelperspektive aufgenommen. L: Sachunterrichts-lehrkraft; F: Forscher; KO: Kontrollstation; WA: Wahlstation; T: Tonaufnahmegerät; S: Spielfeld am Boden.

Alle Videokameras wurden so ausgerichtet und fixiert, dass eine gute Bild- und Tonqualität (kein störendes Ruckeln) sichergestellt war. Außerdem wurden die Geräte während der Datenerhebung von zwei Assistenten immer wieder auf ihre Funktionstüchtigkeit kontrolliert. Die audiovisuellen Daten wurden gesichert und archiviert. Anschließend wurden die Aufnahmen verschriftlicht.

Die Prä- und Postinterviews sowie die Aufnahmen zur Vor- und Nachbesprechung im Plenum und zum Lernspiel wurden mit der Transkriptionssoftware F4/F5 wörtlich inhaltlich-semantisch transkribiert (Dresing & Pehl 2018), wobei inhaltlich relevante Handlungen in Klammern kommentiert wurden (kommentierte Transkription; Anhang II, E). Aufgrund der Überkomplexität der Daten und der enormen Datenmenge musste bei der Datenaufbereitung und -auswertung eine Auswahl getroffen werden. So wurde der Auswertefokus auf *eine* heterogene Lerngruppe gelegt (Schimpansen-Lerngruppe).

Basierend auf den audiovisuellen Aufnahmen der Lerngruppe wurden Beobachtungsprotokolle (mit Transkriptionsteilen) angefertigt, die das Lehr-Lerngeschehen an den Lernstationen beschreibt (Anhang II, E). „*Beobachtungsprotokolle werden eingesetzt, um die Beobachtung des auf Video dokumentierten Geschehen zu entzeitlichen und dennoch die Relation von visuell und auditiv Wahrnehmbaren im Zeitverlauf zu erfassen"* (Dinkelaker & Herrle 2009, S. 37). Im Vergleich zur teilnehmenden Beobachtungsmethode „mit Papier und Bleistift", haben Videoaufnahmen den Vorteil, dass das Lehr-Lerngeschehen mehrmals angeschaut und im Hinblick auf verschiedenen Beobachtungsschwerpunkte, hier themen- und vorstellungsfokussiert, protokoliert werden kann. Beobachtungsprotokolle sind bei Bedarf jederzeit erweiterbar und korrigierbar (Dinkelaker & Herrle 2009).

6.2.5 Evaluative qualitative Inhaltsanalyse

Die transkribierten Daten der Prä- und Postinterviews wurden für alle neun Kinder im Hinblick auf die Vorstellungsentwicklung analysiert. Als Analyseverfahren wurde die evaluative qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) verwendet. Die Analyse ist vom Ablauf ähnlich wie die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse, allerdings steht bei der evaluativen Inhaltsanalyse die „*Einschätzung, Klassifizierung und Bewertung von Inhalten*" im Vordergrund (Kuckartz 2016, S. 123). Die qualitative Evaluationsform ist insbesondere bei Kindern und komplexen Fragestellungen geeignet. Bei der qualitativen

Evaluation will man *„die Befragten in ihren eigenen Worten und Nuancierungen sprechen lassen und ihre Äußerungen dann aus der Perspektive der Wissenschaftlerinnen beziehungsweise Wissenschaftler bewerten. Dieses Vorgehen verspricht häufig validere Informationen und Daten als ein standardisiertes Instrumentarium*“ (Kuckartz 2016, S. 142). Im Rahmen der vorliegenden evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse wurden sowohl thematische Kategorien als auch Bewertungskategorien gebildet. Die thematischen Kategorien bauen auf der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse auf und wurden aus den thematischen Schwerpunkten der Leitfragen abgleiten. Bei der Entwicklung der Bewertungskategorien war die Frage leitend, inwiefern die erhobenen Kindervorstellungen (codierten Segmente) mit den fachlich intendierten Vorstellungen (wissenschaftliche Vorstellungen) übereinstimmen.

Um die Vorstellungen aus der Fachperspektive differenziert bewerten zu können, wurden basierend auf den theoretischen und fachlichen Überlegungen verschiedene Ausprägungen der Bewertungskategorie formuliert, am Material getestet, im Team diskutiert und präzisiert (Fehlvorstellung, fachlich richtige Vorstellung, teilweise richtige Vorstellung, nicht klassifizierbar). Zur Nachvollziehbarkeit der Analyse wurden die Kategorien definiert und jeweils mit Ankerbeispielen illustriert (Anhang II, B). Angelehnt an das Ablaufschema von Kuckartz (2016) wurden das gesamte Material (alle Transkripte zur den Prä- und Postinterviews) thematisch codiert und bewertet, sodass schließlich jede geäußerte Vorstellung der neun interviewten Kinder *vor* und *nach* dem Evolutionsunterricht differenziert *bewertet* vorlag.

Die Einschätzung ermöglicht einerseits einen Überblick zum Lernerfolg und bildet andererseits die Ausganglage, um die Vorstellungsentwicklung der Grundschulkinder kategorienbasiert und einzelfallbasiert tiefergehend zu analysieren (Kuckartz 2016). Im Zusammenhang mit dieser vertiefenden Analyse wurden abschließend auch die Kinderzeichnungen und die Vorstellungen, die während des Evolutionsunterrichts geäußert wurden sowie die Arbeitsergebnisse der Lernenden, herangezogen (Anhang II, D-F). Die qualitative Evaluation dient der exemplarischen Überprüfungen, ob und inwiefern Kinder im Grundschulalter (3. und 4. Klasse) Inhalte zur Humanevolution und zu evolutionsbiologischen Schlüsselkonzepten mit dem vorliegenden Lernarrangement erlernen konnten.

7 Ergebnisse

Der Ergebnisteil gliedert sich in zwei Abschnitte: Im ersten Ergebnisteil werden die erhobenen Vorstellungen von Grundschulkindern, die im Rahmen der qualitativen Interviewstudie erhoben wurde, kategorienbasiert dargestellt (Kapitel 7.1). Durch die Äußerungen der Kinder, die Kinderzeichnungen und die Sortier- und Legevorgänge ergibt sich ein umfassendes Bild der kindlichen Vorstellungen zur Evolution im Allgemeinen (Kapitel 7.1.1) und zur Humanevolution im Speziellen (Kapitel 7.1.2). Die Vorstellungen werden zunächst fallübergreifend für jede Hauptkategorie deskriptiv beschrieben. Anschließend werden polythetische Typen gebildet (Kapitel 7.1.3), die im Rahmen von vertiefenden Einzelfallanalysen näher betrachtet werden (Kapitel 7.1.4).

Im zweiten Ergebnisteil wird der Rahmen der qualitativen Vorstellungserhebung erweitert. Dazu werden die erhobenen Vorstellungen von Grundschulkindern zur Humanevolution *vor*, *während* und *nach* dem Evolutionsunterricht dargestellt und im Hinblick auf den Lernerfolg und die individuellen Vorstellungsentwicklungen der Grundschulkinder qualitativ überprüft und aus der Fachperspektive bewertet (Kapitel 7.2). In beiden Ergebnissteilen werden didaktische Überlegungen und Konsequenzen aufgeführt.

7.1 Kindervorstellungen zur Evolution

Das hier entwickelte Kategoriensystem gibt Aufschluss über die abgeleiteten Haupt- und Subkategorien zur Evolutionsgeschichte im Allgemeinen (Kategoriensystem I) und zur Humanevolution im Speziellen (Kategoriensystem II) in der gesamten Stichprobe. Insgesamt wurden 10 Hauptkategorien gebildet. Davon entfallen 5 Hauptkategorien mit 29 Subkategorien auf die Evolutionsgeschichte im Allgemeinen und 5 Hauptkategorien mit 52 Subkategorien auf die Humanevolution. Die Tabelle 3 (Kategoriensystem I) und 4 (Kategoriensystem II) auf den folgenden Seiten geben einen ersten Überblick über die Vorstellungsvielfalt der Grundschulkinder zum Thema Evolution.

Das entwickelte Kategoriensystem ist im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse nicht nur ein zentrales Ergebnis der empirischen Untersuchung, sondern zugleich auch ein Analyseinstrument zur tiefergehenden Exploration der Kindervorstellungen. Im weiteren Verlauf werden die einzelnen Kategorien im Detail beschrieben. Dazu werden die Vorstellungen der Kinder jeweils durch entsprechende Äußerungen aus den geführten Interviews exemplifiziert.

Tabelle 3: Kategoriensystem zur Evolutionsgeschichte im Allgemeinen

Kategoriensystem I	
Hauptkategorien	**Subkategorien**
Lebewesen der Frühzeit	▪ Wasserlebewesen ▪ Kleinstlebewesen ▪ Primaten (Menschen/Affen) ▪ Fliegende Lebewesen ▪ Dinosaurier ▪ Pflanzen ▪ Fiktive Wesen ▪ Sonstige
Ursprung der Lebewesen	▪ Naturalistisch-materialistische Entstehung ▪ Schöpfung durch Gott ▪ Erschaffung der Lebensvoraussetzungen ▪ Weiß ich nicht
Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte	▪ Konstanz der Lebewesen (Essentialismus) ▪ Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen ▪ Veränderungen während der Individualentwicklung
Erklärungen für erdgeschichtliche Veränderungen	▪ Externe Auslöser (Meteorit, Klimaveränderungen) ▪ Durch die (innere) Entwicklungsvariation ▪ Durch den Erwerb von Eigenschaften ▪ Durch Überlegungen ▪ Durch die Zeit ▪ Durch Hybridisierung ▪ Durch Anpassung ▪ Gott verändert die Welt ▪ Keine Erklärung
Ordnen der Lebewesen	▪ Nach der Zeit ▪ Nach systematischen Gruppen ▪ Nach der Stärke/Kraft/Gefährlichkeit ▪ Nach Lebensräumen/Verbreitungsgebieten ▪ Nach der Größe

Tabelle 4: Kategoriensystem zu den Menschenaffen als Teil der Erdgeschichte

Kategoriensystem II	
Hauptkategorien	**Subkategorien**
Mensch-Affen-Verhältnis	▪ Menschen und Affen als Säugetiere ▪ Affen als menschenähnlichste Lebewesen ▪ Mensch als Störenfried ▪ Menschen als Menschenaffen ▪ Affenverwandtschaft ▪ Sonderstellung/Abseitsstellung des Menschen ▪ Früher war das Mensch-Affen-Verhältnis enger
Gemeinsamkeiten & Unterschiede beim Menschen-Affen-Vergleich	**Ähnlichkeiten:** ▪ Ähnlichkeiten in den kognitiven Fähigkeiten ▪ Ähnlichkeiten in der Fortbewegung/ Körperhaltung ▪ Ähnlichkeiten im Aussehen ▪ Ähnlichkeiten in der Ernährung ▪ Ähnlichkeiten im Verhalten **Unterschiede:** ▪ Sprach- und Redefähigkeit als Unterschied ▪ Unterschiede im Aussehen ▪ Unterschiede in den geistigen Fähigkeiten ▪ Kulturelle Leistungen als Unterschied ▪ Unterschiede in der Fortbewegung/ Körperhaltung ▪ Keine besonderen Unterschiede ▪ Sonstige Unterschiede (Verhalten, Stärke, Eigener Wille)
Innerartliche Variation am Beispiel der Schimpansen (*Pan troglodytes)*	**Auswahl der Schimpansen-Bildkarten:** ▪ Typologische Auswahl ▪ Dichotome Auswahl ▪ Variative Auswahl **Beschreibungen der Schimpansen:** ▪ Typologische Beschreibung ▪ Variative Beschreibung **Begründungen/ Erklärungen zur Variation:** ▪ Verweis auf die Variation bei Menschen ▪ Verweis auf die Variation bei anderen Lebewesen ▪ Variation durch die Eltern/Geburt ▪ Variation durch die Individualentwicklung ▪ Keine Erklärung

	Bewertung von Varianten: ▪ Varianten als Defekte ▪ Varianten als Ausreißer ▪ Varianten als andere Arten ▪ Begrenzte Variation ▪ Varianten als Mischungen (Hybride)
Herkunft der Menschen	**Erste Menschen** ▪ Mythologische Figuren als erste Menschen ▪ Steinzeitmenschen als erste Menschen **Entstehung der ersten Menschen** ▪ Affenabstammung ▪ Erschaffung durch Gott ▪ Theistische Evolution ▪ Schwankende/unsichere Äußerungen ▪ Durch ein zufälliges/ ungewöhnliches Ereignis **(**Hybridisierung) **Ablehnungen:** ▪ Ablehnung der Affenabstammung ▪ Ablehnung der Erschaffung der ersten Menschen
Veränderungen und Entwicklungsstand der Menschen	▪ Veränderungen im Aussehen ▪ Veränderungen in der Fortbewegung ▪ Zunahme der geistigen Fähigkeiten ▪ Kulturelle Veränderungen ▪ Konstanz der Menschen ▪ Verschlechterung/Demoralisierung ▪ Zukünftige Veränderungen ▪ Abgeschlossener Entwicklungszustand ▪ Unsicherheit bzgl. zukünftiger Veränderungen

7.1.1 Vorstellungen von Grundschulkindern zur Evolutionsgeschichte

Die Deskription der Vorstellungen von Kindern im Grundschulalter zur Evolution im Allgemeinen erfolgt entlang der fünf Hauptkategorien: »Lebewesen der Frühzeit«, »Ursprung der Lebewesen«, »Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte«, »Erklärungen der erdgeschichtlichen Veränderungen« und »Ordnen der Lebewesen«. Des Weiteren werden Zusammenhänge zwischen den Subkategorien der jeweiligen Hauptkategorien beschrieben.

7.1.1.1 Hauptkategorie: Lebewesen der Frühzeit

Fokussiert auf die Frage nach dem ersten Lebewesen, das jemals auf der Erde lebte, äußern Grundschulkinder vielfältige Vorstellungen (Tabelle 5; Abbildung 10). Häufig beschreiben die befragten Grundschulkinder (n=7) die frühesten Organismen als im Wasser lebend oder nennen Lebewesen, die allgemein als wasserlebend bekannt sind (»Wasserlebewesen«). Die folgende Aussage einer 8-jährigen Grundschülerin steht beispielhaft für diese Vorstellung:

> „Also ein Reptil, sag ich mal [...] ein Tier was im Wasser lebt, weil, ich weiß halt, im Wasser war (…) halt (…) ist das erste Leben entstanden. Ohne Wasser gäbe es auch kein Leben hier“ (B2, Abs. 21).

Noch mehr an der wissenschaftsbasierten Vorstellung orientiert stellt sich eine 11-jährige Grundschülerin die wasserlebenden Lebewesen der Frühzeit vor:

> „Ich stell mir das so ein bisschen vor wie eine Qualle. Nur ein bisschen größer. Also ich weiß, dass es zuerst nur Zellen gab, aber ich stell mir das dann so vor, dass sich das immer weiterentwickelt hat und dann irgendwie so etwas wie eine Qualle rausgekommen ist“ (B15, Abs. 3).

Relativ häufig (n=7) werden »Primaten (Menschen/Affen)« als erste Lebewesen genannt (Tabelle 7). Einerseits stellen sich die befragten Kinder dabei Menschen als erste Lebewesen vor (z.B. „*Also ich stelle es mir so vor, dass es ein Mensch war (...) das war ein Mann der Adam hieß*“; B11, Abs. 4-9), andererseits Affen (z.B. „*Erstmal waren ja die Affen*“; B17, Abs. 85). Fünf der befragten Kinder nennen Menschen und drei Kinder »Affen als erste Lebewesen«, wobei von einer Grundschülerin Menschen und Affen genannt werden (B7, Abs. 3). Auffällig ist, dass die Vorstellung der Menschen als Urlebewesen häufig mit religiösen Vorstellungen verbunden ist, worauf die Nennungen

wie „*Adam*“ (B11), „*Adam und Eva*“ (B7) und „*Paradies*“ (B16) hinweisen.

Tabelle 5: Vorstellungen zu den frühesten Lebewesen

Kategorie/Vorstellung	Anzahl der Kinder*
Wasserlebewesen	7
Primaten (Menschen/Affen)	7
Pflanzen	7
Kleinstlebewesen	6
Dinosaurier	3
Fliegende Lebewesen	2
Fiktive Lebewesen	2
Sonstige (Schnecken)	1

*Anzahl der Grundschüler, die Aussagen geäußert haben, die den Subkategorien zuzuordnen sind. Die Nennungen mehrerer Lebewesen ist möglich (n=17).

Ebenfalls sieben der befragten Grundschulkinder, davon fünf Grundschülerinnen, nennen »Pflanzen« als Lebewesen der Frühzeit (Tabelle 7). Beispielsweise erklärt eine 9-jährige Grundschülerin: *„Also erst Pflanze und dann hat sich aus dieser Pflanze halt immer mehr ein Mensch entwickelt“* (B8, Abs. 79). Insgesamt geben sechs der befragten Kinder »Kleinstlebewesen« als erste Lebewesen an. Neben kleinen Tieren (B12), kleinen Insekten (B13), kleinen Wasserpflanzen/Phytoplankton (B3) und kleinen Zellen (B6, B15) werden hier konkret auch Bakterien genannt (B14), wie es die folgende Äußerung eines 10-jährigen Grundschülers exemplarisch verdeutlicht:

> „Also so, so wie so eine Bakterie, die sich irgendwann weiterentwickelt haben, Evolution, immer größer wurden zu Fischen, dann weiterentwickelt zu Dinosauriern und die ganzen Tieren“ (B14, Abs. 3).

Relativ selten werden Lebewesen, die sich im Luftraum fortbewegen, also »fliegende Lebewesen«, genannt: „*Joa, ich könnte mir schon einige Vögel vorstellen* [...] *die dann schon rumgeflattert sind*“ (B5, Abs. 41-43). Und »Dinosaurier« werden überraschenderweise lediglich von drei Kindern (B9, B8, B10) als erste Lebewesen in Betracht gezogen, dabei immer zögerlich und unsicher, wie das folgende Zitat exemplarisch verdeutlicht:

> „Also ich hab als, also ich hab immer gedacht, dass, die, aber ich weiß jetzt nicht, also, ich denk, hab halt immer gedacht, die Affen wären dann irgendwie zu den Menschen entwickelt worden, aber das erste Lebewesen? Man weiß ja nicht so genau was, ob es vor den Dinosauriern was gab, aber (...) ich würde jetzt mal sagen Dinosaurier“ (B8, Abs. 3).

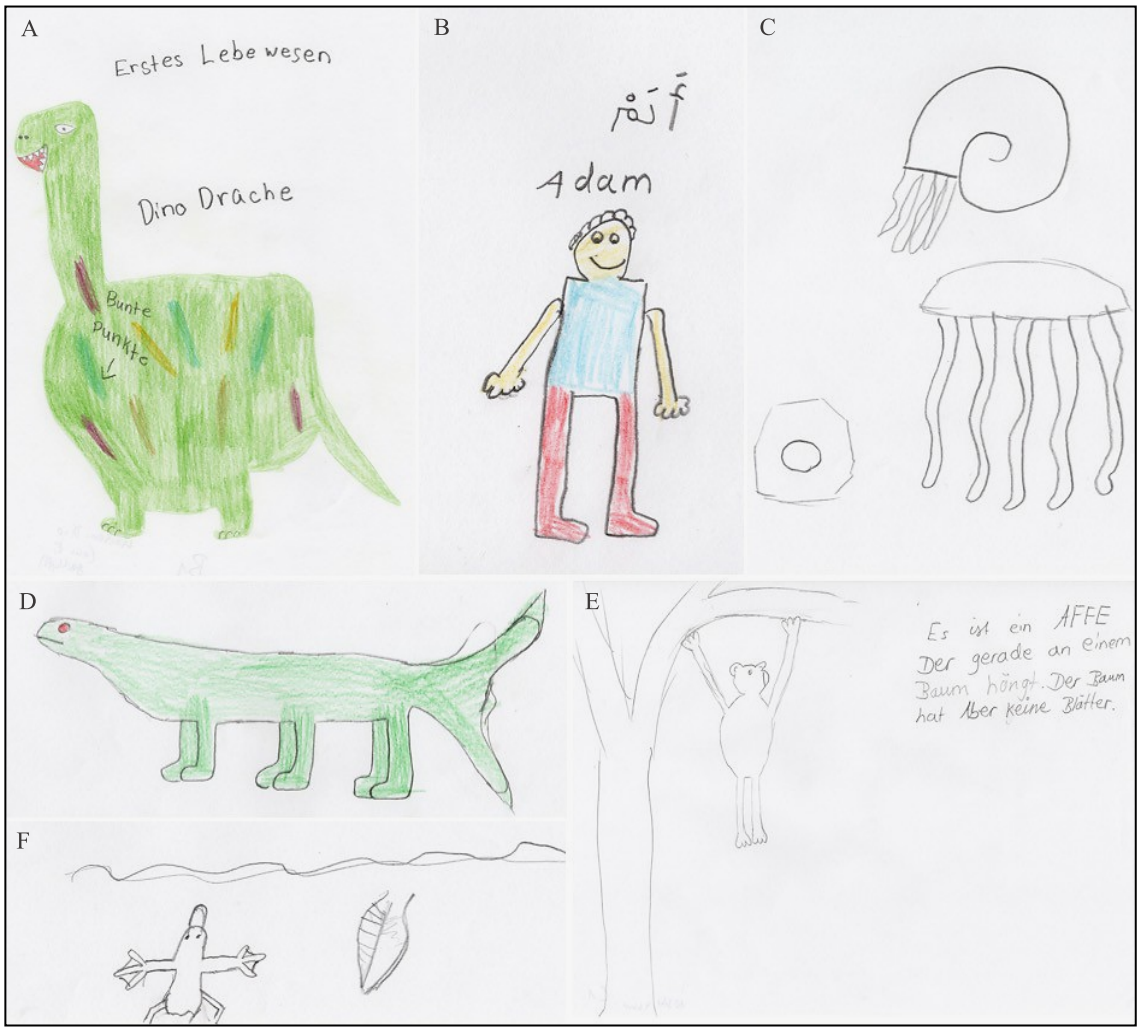


Abbildung 10: Grundschulkinderzeichnungen von den frühesten Lebewesen. A: Ein Grundschulkind mit buddhistischen Sozialisationshintergrund (B8) stellt sich als erstes Lebewesen einen grünen, bunt gepunkteten Dino-Drachen ohne Flügel vor. Der Dino-Drache soll ursprünglich aus einem „bunten Ei“ geschlüpft sein. B: Ein anderes Grundschulkind (B11) zeichnet „Adam“ als erstes Lebewesen. Gott soll Adam aus Erde und Wasser erschaffen haben. C: Ein Grundschulkind (B15) stellt sich das früheste Lebewesen „wie eine Qualle“ vor. Außerdem zeichnet das Grundschulkind eine „Zelle“ (unten links). Aus den Zellen sollen sich die Quallen entwickelt haben. D: Dargestellt ist ein grünliches Lebewesen, das sowohl im Wasser als auch an Land leben konnte. Es hat sechs Beine zur Fortbewegung an Land (u.a. zum Klettern auf Bäumen) sowie eine Flosse zum Schwimmen. Die ursprünglichsten Lebewesen lebten ausschließlich im Wasser (B4). E: Die Kinderzeichnung zeigt einen Affen, der an einem Baum hängt. Den Baum zeichnet das Grundschulkind (B5) bewusst ohne Blätter. F: Das gezeichnete erste Lebewesen stellt ein Wasserlebewesen dar, das so aussieht „wie ein Schnabeltier“. Das Tier hat drei Finger. Zwischen den Fingern sind Schwimmhäute ausgebildet. Den „blattartigen“ Schwanz des ersten Lebewesens hat der Grundschüler (B2) rechts neben dem Tier aufgezeichnet. Das erste Lebewesen soll im Wasser entstanden sein und „von den Pflanzen“ stammen.

Auch »fiktive Wesen« (für deren Existenz es keinerlei wissenschaftlichen Nachweis gibt) werden nur selten genannt (Tabelle 5). Eine 9-jährige Grundschülerin (B8) nennt ein drachenartiges Dinowesen und Aliens. Ein 10-jähriger Grundschüler vertritt die islamische Glaubensvorstellung der präadamitischen Dschinn:

> „Also es gibt fünf Arten von Lebewesen. Also es gibt die Dschinns, Menschen, Tiere und (...) also drei und also drei und Engel also vier. Und das erste Lebewesen war das Dschinn. [...] Also das war, das waren so, es ist, also es ist ein Lebewesen, der war, die waren alle böse und haben ganze Zeit Krieg geführt gegeneinander, aber da hat allen unser Gott Allah ihnen alle ausgestorben machen und da hat ein Engel gesagt, willst du jetzt noch ein Geschöpf machen, der jetzt so böse wird, da hat Allah nein gesagt, ich mache ein Juden, also die Menschen. [...] Und als zweiten kamen die Urzeit-Tiere und danach die Menschen, also wie die Menschen“ (B10, Abs. 3-17).

Wie im weiteren Interviewverlauf ersichtlich wird, geht der Grundschüler (B10) davon aus, dass manche Urzeittiere („*Dinosaurier*“) zusammen mit den ersten Menschen („*Adam und Eva*“) lebten und, dass es im Paradies auch Pflanzen gab (B10, 39-47). Vorstellungen zu den Urlebewesen, die in keine der anderen Kategorien einordbar sind und in den Interviews nur einmalig auftauchen, werden in der Subkategorie »Sonstiges« zusammengefasst. Hierzu gehört im Rahmen dieser Untersuchung lediglich die Vorstellung von kriechenden Tieren (Schnecken): „*Und ich weiß aber, dass die Schnecken eins der Tiere waren, die als erstes gelebt haben*“ (B15, Abs. 54).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Innerhalb der Hauptkategorie lassen sich jedem Grundschulkind eine, zwei, drei oder vier verschiedene Subkategorien zuordnen (Abbildung 11).

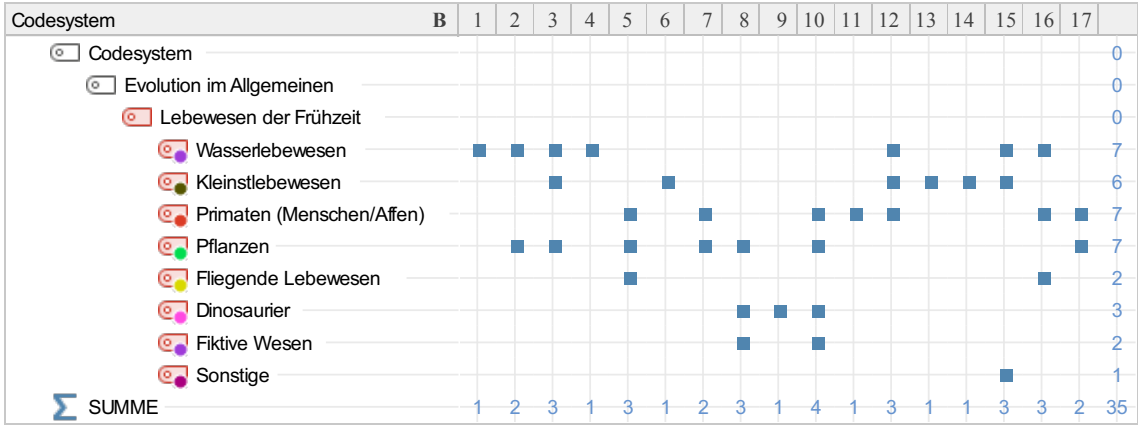


Abbildung 11: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Lebewesen der Frühzeit«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Drei Grundschulkinder nennen ausschließlich Kleinstlebewesen als erste Lebewesen, während zwei Grundschulkinder ausschließlich Wasserlebewesen anführen. Die beiden Vorstellungen werden auch kombiniert. Die Analyse von Code-Überschneidungen im Code-Relation-Browser (MAQXDA) ergibt, dass die Code-Überschneidung »Wasserlebewesen + Kleinstlebewesen« am häufigsten vorkommt (insgesamt drei Code-Überschneidungen). Die Äußerungen eines 9-Jährigen (B3) illustriert die Code-Überschneidung:

> „Also ich würde mir das vorstellen so wie, also im Wasser, dass das da irgendwelche ganz kleinen, gar keine Tiere glaub ich, sondern irgendwie einfach nur so kleine Wasserpflanzen oder so [...] ich würde schätzen, dass ist irgendwie so blau oder so. So kleine blaue Teile im Wasser. Irgendwie, vielleicht sowas Kleines oder so (zeichnet) [...]. Vielleicht irgendwie eine Bakterie oder irgendwie sowas halt. Irgendwie oder irgend sowas, sowas. [...] ich würde mir vorstellen, dass das irgendwie so kleine, ganz kleine Tierchen sind, die man so gar eigentlich gar nicht sehen kann und ja (...) und manche sind auch giftig, aber eigentlich nicht“ (B3, Abs. 3-15).

Der Grundschüler bezeichnet die erste Lebensform sehr unsicher und schwankend. Es werden zunächst „*Wasserpflanzen*“ und „*blaue Teile*“ (keine Tiere) genannt, dann „*eine Bakterie*“, die im nicht-mikrobiologischen Sinne als „*kleine Tierchen*“ aufgefasst wird. Während die konkrete Benennung der ersten Lebensform unsicher und inkonsistent ist, kann die Vorstellung aus den zwei kombinierten Kategorien »Kleinlebewesen« und »Wasserlebewesen« als übergeordnet und konsistent angesehen werden (kleine Wasserlebewesen als erste Lebewesen).

Auffällig ist auch die Kombination, die sich aus der Kategorie »Primaten (Affen/ Menschen)« und »Pflanzen« zusammensetzt (Abbildung 11). Einerseits ist die Kombination Menschen & Pflanzen in der Erzählung von „Adam und Eva“ im Paradies (Garten Eden) enthalten, wo Pflanzen eine zentrale Rolle spielen:

> „Also sie, also sie waren zuerst im Paradies, aber dann haben, dann hat der Teufel, wollte er sie nicht anbeten. Also nicht. Also der Allah hat gesagt betet sie an. Dann hat der Teufel gesagt ich bete sie doch nicht an, die sehen doch aus Erde und Wasser, Feuer ist stärker, dann hat er so angegeben und da hat Allah gesagt, isst nicht, Adam und Eva hat gesagt isst nicht von diesem Baum, wenn ihr von diesem Baum isst, dann gibt es eine Strafe, dann haben sie aber von diesem Baum gegessen und sind auf die Erde gekommen“ (B10, Abs. 39).

Andererseits wird auch die Vorstellung von Affen und Pflanzen als erste Lebewesen kombiniert, „*weil Affen leben ja auf den Bäumen*“ (B17, Abs. 43). Zwei Grundschul-

kinder (B17, B5) zeichnen jeweils einen Affen und ein Baum als die ersten Lebewesen und sehen das Vorhandensein von Pflanzen als Voraussetzung für das Dasein der Affen: *„Also ich könnte mir es vorstellen, dass die Bäume schon da waren“* (B5, Abs. 29).

Zusammenhänge zwischen Subkategorien und dem Alter der Grundschulkinder

Ausschließlich bei den befragten Kindern aus der 4. Grundschulklasse lässt sich die Fehlvorstellung identifizieren, dass Primaten (Menschen/Affen) zu den Urlebewesen gehören. Keins der befragten Grundschulkinder aus der 3. Klasse nennt die Menschen und/oder Affen als erste Lebewesen (Tabelle 6).

Wenn man die zwei Altersgruppen innerhalb der Stichprobe miteinander vergleicht (8- bis 9-jährige und 10- bis 11-jährige Kinder), die beide jeweils nahezu gleich groß sind, dann zeigt sich, dass die Fehlvorstellung bei den älteren Kindern dominiert (Tabelle 6). Aus dem selektiven Auftreten der Fehlvorstellung in der Stichprobe könnte in Bezug auf die zeitliche Einordnung der Primaten eine Fehlvorstellungsentwicklung in der späten Grundschulzeit hypothetisiert werden.

Tabelle 6: Erhobene Vorstellungen zu den ersten Lebewesen bei Kindern aus der 3. und 4. Klasse. Einheit der Analyse: Interviewtranskripte (n=17). Variablen: Alter und Klasse. Treffer werden pro Dokument nur einmal gezählt. Hervorhebung: Primaten (Menschen/Affen).

Erste Lebewesen	8-9 Jahre	10-11 Jahre	3. Klasse	4. Klasse
Wasserlebewesen	4	3	4	3
Kleinstlebewesen	3	3	1	5
Primaten	1	6	0	7
Pflanzen	4	3	3	4
Fliegende Lebewesen	0	2	0	2
Dinosaurier	2	1	2	1
Fiktive Wesen	1	1	1	1
Sonstige	0	1	0	1
N (Dokumente)	9	8	6	11

Dass die Fehlvorstellung (die Menschen stehen am Anfang der Endgeschichte) auch schon in jüngerem Lebensalter auftritt und ursprünglich wohl im begrenzten Erfahrungsbereich der Kinder wurzelt, zeigt das Interview mit einem 11-jährigen Viertklässler (B12), der sehr reflektierend über seine eigene Vorstellungsentwicklung zum Thema berichtet. Bereits in der Kindergartenzeit hat sich der Schüler zu den

frühesten Lebewesen der Erde Gedanken gemacht:

> **B12:** Das war allerdings bei mir erstmal eine ganz schwere Vorstellung. Ich habe mich natürlich auch immer öfter mal im Kindergarten gefragt, was war das Allererste auf der Welt. Das habe ich mir allerdings irgendwie, ich kann Ihnen auch nicht wirklich erklären wie ich das mir vorgestellt habe. Wie habe ich mir das denn vorgestellt? (...) Das war irgendwie (...). Also ich habe schon gedacht es gab schon Menschen bei der, nach der Entstehung der Erde. Also gab es ja dann auch, aber das war halt, hat ja viele Jahre gedauert. Das habe ich mir halt vorgestellt und ich habe schon ge/, mir vorgestellt, dass die so jetzt aussehen wie heute, ja, also der moderne Mensch und nicht ein Neandertaler oder so. [...] Also jetzt auch mit ihren Kleidern zum Beispiel, also heute, wie sie heute getragen werden und so. [...] Ja zumindest, aber jetzt habe ich natürlich immer die Bücher durchgeguckt, die Geschichte der Menschheit und alles und seitdem ist es ja bei mir es jetzt nicht mehr da, das mit den modernen Menschen.
> **I:** Ok, also du hast früher Mal anders gedacht als jetzt?
> **B12:** Genau, viel anders, also total anders.
> **I:** Ok und wie hast du früher gedacht? Also (...) gab es am Anfang außer den Menschen auch noch andere Lebewesen?
> **B12:** Also ich habe schon an die, also ich habe nur an die europäischen gedacht, also ich mein jetzt die, die jetzt zum Beispiel in Deutschland leben, also die Eichhörnchen (...) Elche, obwohl, ne, das eher nicht so. Ja, halt die und die es halt gibt, die Vögel auch, ja und manchmal habe ich nur andere Tiere in Filmen gesehen, aber ich wusste ja nicht genau was das für welche sind (B12, Abs. 3-19).

Der Grundschüler hat sich die Urlebewesen also anfänglich modern („*wie heute*“) vorgestellt. Er nennt in diesem Zusammenhang den „*modernen Mensch*“ und Lebewesen, die in seinen unmittelbaren (zeitlich und räumlich begrenzten) Erfahrungsbereich fallen (u.a. Eichhörnchen). Im weiteren Verlauf der Befragung äußert der 11-Jährige (B12) seine veränderte Vorstellung. Mittlerweile stellt er sich kleine, wasserlebende Tiere vor, die wie Fossilien aussehen:

> „Ja und jetzt sind es halt, jetzt ist es halt die wirkliche Geschichte, Entstehung der Erde und dann mit diesen, wie heißen die kleinen Tiere nochmal, die im Wasser gelebt haben, die so aussehen wie Fossile. Also sind ja auch Fossile, aber. [...] Ja heute sehe ich genauso wie es heute ist, also ich meine in Büchern, wie es in Bücher erklärt wird und in Wissenssendungen“ (B12, Abs. 23).

Seine heutige Vorstellung bewertet er im Hinblick auf seine Vorstellung in der Kindergartenzeit als „*total anders*“. Die Äußerungen des Jungen zeigen exemplarisch, dass bereits in der (frühen) Kindheit Vorstellungsentwicklungsprozesse hin zu einer mehr wissenschaftsorientierteren Sichtweise durchlaufen werden können. Der Grundschüler hat zwar seine Vorstellung von den *modernen* Menschen als erste Lebewesen „verändert“, aber verfügt scheinbar noch über die Vorstellung, dass Urzeitmenschen („*Neandertaler*

oder so“), schon sehr früh auf der Erde waren (B12, Abs. 3, 8-12).

7.1.1.2 Hauptkategorie: Ursprung der Lebewesen

Zur Entstehung der Lebewesen der Frühzeit lassen sich vier Subkategorien aus dem Interviewmaterial bilden: (a) die Vorstellung der naturalistisch-materialistischen Entstehung der Lebewesen, (b) die Vorstellung der Schöpfung durch Gott, (c) die Vorstellung der Erschaffung der Lebensvoraussetzungen und (d) die Kategorie „weiß ich nicht“ (Tabelle 7).

Die Mehrheit der Befragten (N=13) gibt »naturalistisch-materialistische Erklärungsversuche« zum Ursprung der Lebewesen. Dabei nennen die Kinder unter anderem *materielle* Objekte, die den Ausgangspunkt zur Entstehung der ersten Lebewesen darstellen. Ein 9-jähriger Grundschüler erklärt zum Beispiel, dass die ersten Lebewesen durch „*irgendwelche Pflanzen oder Gesteine*“ entstanden sind, die miteinander in Kontakt kamen, wobei eine wichtige Reibung auftrat (B13, Abs. 17-23). Andere Grundschulkinder geben an, dass die ersten Lebewesen aus Bakterien (B12, Abs. 39) oder aus einem Ur-Ei (B8, Abs. 19) entstanden sind. Eine 11-jährige Grundschülerin nennt „*blaue Bohnen*“ bzw. „*Mitochondrien*“ und bezieht sich dabei bruchstückhaft auf einen symbioseartigen Vorgang:

> **I:** Und wie ist denn die Qualle entstanden deiner Meinung nach?
> **B15:** Aus den Zellen. Die haben sich immer geteilt und dann ist das, das erste Lebewesen entstanden.
> **I:** Ok, ja und die Zelle, die erste Zelle?
> **B15:** Das war glaube ich, zuerst gab es ja nur Vulkanausbrüche und Blitze. Vielleicht ist das dann so passiert, dass das irgendein – ne ne, ich weiß das – das ist halt, gab es irgendwelche blauen Bohnen oder so, Mitochondrien oder wie die heißen, ja die haben sich dann mit etwas anderem zusammengefügt. Das weiß ich gar nicht mehr und dann ist der erste Zellkern erschaffen, der hat sich dann immer geteilt. (B15, Abs. 45-48)

Relativ viele Grundschulkinder (n=10) weisen im Rahmen der Erklärungsversuche auf einen bestimmten (nicht-übernatürlichen) Entstehungsort des Lebens hin. So wird der Ursprung der ersten Lebewesen auf das Weltall, das Wasser und den Boden verlegt. Sechs der Befragten beschreiben, dass das erste Leben aus dem Wasser kam, beispielsweise aus der Ur-Suppe (B15, Abs. 22) oder aus dem Meer (B1, Abs. 25). Über die Vorstellung, dass das Leben aus dem Weltall kam (Panspermie), verfügen insgesamt drei der Kinder. Ein 10-Jähriger beruft sich dabei auf die Vorstellung „mancher Forscher“: *„Also von so*

einem Asteroiden, dass der abgestürzt ist, haben manche Forscher gesagt, dass dann so Bakterien halt auf die Welt kamen (...) von Asteroiden" (B14, Abs. 35). Eine 9-Jährige gibt ein „Loch" an, aus dem die ersten Zellen und schließlich die vielfältigen Lebensformen hervorgingen (B6, Abs. 3). Ein Kind spricht davon, dass das erste Lebewesen „*einfach von der Natur*" gekommen ist (B17, Abs. 57) und zwei Grundschulkinder (B15, B16) nennen den „*Urknall*" als Anfangspunkt der Entstehung des Lebens.

Tabelle 7: Vorstellungen der Grundschulkinder zur Entstehung der Lebewesen

Kategorie/Vorstellung	**Anzahl der Kinder**
Naturalistisch-materialistische Entstehung	13
Schöpfung durch Gott	7
Erschaffung der Lebensvoraussetzungen	1
Weiß ich nicht	6

Insgesamt sieben Grundschulkinder geben an, dass „Gott" die ersten Lebewesen erschaffen hat (Tabelle 7). Folgende Aussage steht stellvertretend für diese Kategorie: „*Ich glaube das wurde von Gott geschaffen*" (B1, Abs. 23). Die Vorstellung »Schöpfung durch Gott« ist kaum tiefergehend vorstellungsbildend. Einige der Grundschulkinder stoppen bei Nachfragen, die darauf abzielen, *wie* Lebewesen durch Gott entstanden sind. Ein 10-Jähriger antwortet folgendermaßen:

> **B10**: Also Säbelzahntiger, Mammuts und Dinosaurier und so weiter.
> **I**: Und wie sind die entstanden?
> **B10**: Also von Allah.
> **I**: Ja wie ist das passiert?
> **B10**: Also das weiß keiner aus meiner Religion oder (ich?), weil Allah ist groß und der lebt nach der siebten Himmelskörper, also man weiß nicht wo.
> **I**: Mhm (bejahend) ok, wo der lebt.
> **B10**: Nö das weiß man nicht.
> **I**: Ja genau und die Lebewesen? Wie sind die auf die Erde gekommen?
> **B10**: Also das, das macht der Allah (...) von alleine. (B10, Abs. 19-27)

Ein anderes Kind bezieht sich auf die „*Macht*" und die „*Schöpfung durch das Wort*", nachdem es feststellte, dass es keine Ahnung hat, *wie* der Schöpfergott vorgegangen sei:

> „Vielleicht hat ja der Gott, also man sagt ja, dass er Macht hat, vielleicht kann er ja einfach so selber eine Biene machen, also keine Ahnung wie, vielleicht kann er sagen:

Biene. Dann kommt eine Biene oder so“ (B16; Abs. 27).

Auf die Frage, wie das erste Lebewesen entstanden ist, führt lediglich eines der befragten Kinder seine Vorstellung zur Schöpfung weiter aus, indem es beschreibt, dass Gott Adam „*aus Erde und Wasser*“ gemacht hat und die erste Frau aus „*einem Körperteil*“, das von Adam stammt (B11, Abs. 8-21). Die beschriebene Kindervorstellung »Schöpfung durch Gott« ist dadurch gekennzeichnet, dass angenommen wird, Gott habe die Lebewesen auf irgendeine (unbekannte) Art und Weise *direkt* erschaffen. Es lässt sich allerdings auch eine Schöpfungsvorstellung identifizieren, die theistisch-evolutionäre Züge aufweist (Tabelle 7). Zur Verdeutlichung dieser komplexeren Vorstellung soll ein längerer Ausschnitt aus dem Interview zitiert werden:

„Ich weiß es eigentlich gar nicht, ich habe es mir schon immer so vorgestellt, also, auch als ich noch im Kindergarten war, irgendwann hat meine Mutter mir halt gesagt Gott hat die Welt erschaffen und dann habe ich mir dann einfach irgendwie so eine eigene Welt so ausgedacht und dann habe ich mir dann halt immer die ganze Zeit überlegt wie soll ich das machen und sowas und dann hab ich irgendwie gemerkt, wenn das aus den Zellen kommt, dann gibt es doch eigentlich einen Sinn und dann wurde mir das halt alles klar und dann, ja, dann hab ich das immer weitergedacht und ja so denk ich es heute noch. [...] Gott hat die Lebewesen nicht erschaffen, also sie, also sie [die Mutter] hat gesagt, er hat die Lebewesen erschaffen, aber ich habe es mir so vorgestellt, er hat nur die Zellen erschaffen und daraus kommt dann alles, auch die Bäume und sowas, ja, und so habe ich mir das halt vorgestellt, also (…) joa. [...] Ja und der Rest ist dann von alleine gekommen (sozusagen?), also aus den Zellen, aus manchen helleren Zellen, es gibt auch welche, so ein bisschen heller, weil die sind so dunkel-hell (zeichnet mit einem gelben Buntstift), so grünlich, ja, und da kommt dann halt zum Beispiel die Sonne raus, und die geht dann da so hoch, so stell ich mir das vor und dann wird es ein bisschen dunkler (zeichnet mit einem blauen Buntstift), dann kommt dann der Regen und dann hab ich mir das so vorgestellt da kommen Tropfen raus immer und danach kommt dann auch eine Wolke raus, also, und das geht auch nach oben. [...] Ja, also es kommt alles daraus, auch das Gras und die Wiesen, es ist halt nur immer ein bisschen andere Farbe und bei mir ist das halt immer so, ich kann es mir nicht anders vorstellen, weil für mich ist es einfach so**,** es geht nicht anders irgendwie, weil ich glaub auch an Gott und dadurch denk ich halt auch so. [...] Ja das ist dann genauso wie beim Wetter, also die Blitze kommen auch so, also die kommen dann auch raus, und ja, und dann wurde alles so, die Bäume auch und alles erschaffen so durch die Zellen, ja. [...] Ja, also so ungefähr die ganze Welt, so hab ich mir das vorgestellt, aber Gott hat ja fast die ganze Welt erschaffen, weil er ja die Zellen gemacht hat, also so denk ich mir das. [...] Also da kommen aus diesen Zellen halt alle Dinge raus. [...] Also ich habe es mir halt so vorgestellt, er [Gott] hat zuerst das Licht angemacht und dann hat er, also ich denke mir so, er sitzt oben halt immer auf einer Wolke und hat dann die ganzen Zellen eingepflanzt sozusagen, also wie ein Mensch stell ich mir ihn auch vor und als er fertig war mit den Zellen dann ist er wieder nach oben gegangen und dann wurde das halt alles und sowas. Ja (...) joa und so stell ich

mir das vor mit den Tieren und sowas“ (B6, Abs. 45-63).

Der Kern der komplexen Vorstellung der 9-Jährigen ist, dass Gott lediglich das Ausgangsmaterial, bestimmte Entwicklungskompartimente („Zellen“), erschaffen hat und sich danach zurückzog (*„dann ist er wieder nach oben gegangen“*). Aus den Zellen sind dann alle Lebewesen und Dinge „*von alleine*“ entstanden (vgl. Kapitel 7.1.4.4). Gemäß dieser Vorstellung fungiert der Schöpfergott quasi als Erstursache, in dem er die Vorrausetzungen für die Entstehung aller Lebewesen erschaffen hat (deistische Sichtweise).

Sechs Grundschulkinder geben an keine Vorstellung zur Entstehung der Lebewesen der Frühzeit zu haben (z.B. „*Wie stell ich mir das vor? Keine Ahnung“,* B17, Abs. 55). Allerdings bedeutet dies nicht, dass das jeweilige Kind (auf das ganze Interview bezogen) nicht doch eine Vorstellung in Bezug auf die Fragestellung äußert. Zum Beispiel antwortet ein Grundschüler auf die Frage nach der Entstehung der Urlebewesen (Dinosaurier) zunächst mit „*weiß ich nicht“* (B9, Abs. 77), spricht im späteren Verlauf des Interviews aber dann davon, dass die Tiere und Pflanzen „*erschaffen*“ wurden (B9, Abs. 220-221).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Während sich bei acht Probanden die Äußerungen ausschließlich einer der vier Subkategorien zuordnen lassen, beziehen sich die Äußerungen von acht Grundschulkindern auf zwei unterschiedliche Subkategorien. Einmal werden drei Codes miteinander kombiniert (Abbildung 12).

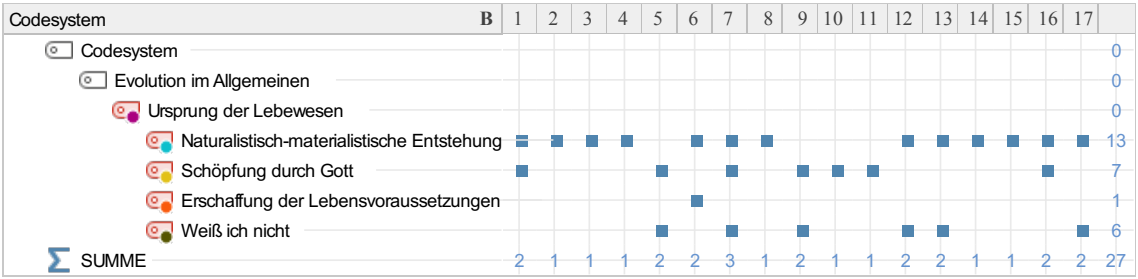


Abbildung 12: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Ursprung der Lebewesen«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Sechs Grundschulkinder verfügen ausschließlich über eine naturalistisch-materialistische Vorstellung zum Ursprung der Lebewesen (Abbildung 12). Dabei handelt es sich um die am häufigsten vorkommende Codekonfiguration innerhalb der Hauptkategorie. Die

Vorstellung »Schöpfung durch Gott« tritt sowohl dreimal zusammen mit der Vorstellung einer »naturalistisch-materialistischen Entstehung« als auch dreimal zusammen mit der Angabe »weiß ich nicht« auf. Bei zwei Beteiligten ist ausschließlich die Vorstellung »Schöpfung durch Gott« identifizierbar (Abbildung 12).

Anders als bei der Codekonfiguration »Erschaffung der Lebensvoraussetzungen + naturalistisch-materialistische Entstehung« (theistische Evolution) werden die Konzepte bei der Codekonfiguration »Schöpfung durch Gott + naturalistisch-materialistische Entstehung« nicht zu einer konsistenten, komplexeren Vorstellung verknüpft. Beide Konzepte stehen mehr oder weniger unverbunden nebeneinander. In einem Fall erklärt ein Schüler beispielsweise zunächst, dass sich das Leben aus dem Wasser „*entwickelt*" hat (B1, Abs. 1), aber antwortet dann auf die Frage nach der Entstehung des ersten Lebewesens, dass er glaube, Gott habe es „*erschaffen*" (B1, Abs. 23). Selbst in den Fällen, wo sich beide Codes im Code-Relation-Browser überschneiden, werden die Konzepte nicht miteinander verbunden. Wie die folgende Aussage verdeutlicht sind Vorstellungsbrüche identifizierbar:

> „Also ich hab es öfters gehört, dass so von Affen stammt, also dass es so zu einer kleinen Entwicklung kommt von Affen, halt so von Tierlebewesen, also ich glaube daran, dass Gott Adam und Eva erschaffen hat und ja" (B7, Abs. 2-3).

Die Aussage beinhaltet einen „Vorstellungskonflikt". Einerseits „hört" die Schülerin öfters von der evolutiven Entstehung (Entwicklung von Affen), andererseits hört die Viertklässlerin im Religionsunterricht aber auch von der „Schöpfung durch Gott":

> „Halt, das machen wir ganz oft in Reli, also wir stellen uns halt immer vor, dass Gott halt die erste Person erstellt hat. Dann gibt es aber noch andere Meinungen, dass das von Affen kommt, so, dass die sich halt so weiterentwickelt haben, was ich mir selber denke, weiß ich nicht, weil es könnte beides möglich sein, aber wir wissen das ja nicht, weil, jetzt ist es halt so, dass Menschen erzeugt werden, indem es, indem, ja (…) halt, Gott erzeugt uns ja nicht und wir werden ja auch nicht so kleine Affen" (B7, Abs. 19).

Im Laufe des Interviews mit der Grundschülerin ist ein mehrmaliges Hin-und-Her-Schwanken feststellbar (u.a. B7 Abs. 38-57). Angesichts der Unsicherheit und dem starken Schwanken werden die Äußerungen der Grundschülerin durch die Codekonfiguration »Schöpfung durch Gott + naturalistisch-materialistische Entstehung + weiß ich nicht« charakterisiert (Abbildung 12). Die Codekonfiguration »naturalistisch-materialistische Entstehung + weiß ich nicht« tritt insgesamt dreimal auf und beinhaltet

unausgeprägte Vorstellungen, die mehr oder weniger ad hoc generiert wurden: „*Mmm, das ist echt ne mm. Wie stell ich mir das vor? Keine Ahnung. Oh. Wie soll ich das beschreiben grad? (...) Oh das kann ich gar nicht beschreiben.* [...] *Mmm (...) von der Natur. Oder? Ja vielleicht schon. Einfach von der Natur*“ (B17, Abs. 55-57).

7.1.1.3 Hauptkategorie: Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte

Als nächstes wird darauf fokussiert, welche Vorstellungen Kinder zu den Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte haben. Hier lassen sich aus dem Interviewmaterial drei Kategorien bilden: Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen, die Konstanz der Lebewesen und Veränderung während der Individualentwicklung (Tabelle 8).

Vorstellungen zu Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen

Aussagen, die die entwicklungsgeschichtliche Entwicklung betreffen, kommen am häufigsten vor. Sie werden von insgesamt zwölf der befragten Grundschulkinder genannt. Die Vorstellungen zu den entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen lassen sich in sechs Subkategorien ausdifferenzieren: Veränderlichkeit der Lebewesen, Erschließung neuer Lebensräume, Aussterben, Vermehrung von Lebewesen und geologische Veränderungen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Vorstellungen zu Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte

Kategorie/Vorstellung	**Anzahl der Kinder**
Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen	12
- *Veränderlichkeit von Lebewesen*	12
- *Erschließung neuer Lebensräume*	9
- *Aussterben*	4
- *Vervielfachung/Vermehrung von Lebewesen*	2
- *Geologische Veränderungen*	1
Konstanz der Lebewesen/Essentialismus	9
Veränderung während der Individualentwicklung	3

Die meisten der Befragten verfügen über Vorstellungen zur Entwicklung und zum Andersartigwerden der Lebewesen (»Veränderlichkeit der Lebewesen«). Zwölf der Grundschulkinder geben an, dass sich die Lebewesen entwickelten und im Aussehen wandelten, zum Beispiel: „*Die haben sich dann immer weiterentwickelt und die wurden dann vielleicht immer größer und dann konnten sie auch schwimmen und dann haben sich*

die Affen und dann die Menschen. [...] Die haben sich dann entwickelt. [...] Also über die Jahre sind die dann immer weiter verwandt sage ich jetzt mal" (B13, 7-11). Als sehr auffällig stellt sich heraus, dass gleich mehrere der befragten Grundschulkinder (B14, B1, B6, B13) hervorheben, die Lebewesen seien „*immer größer*" geworden, z.B.: „*Weil das einfach so ist, weil (...) ich würde das Leben auf der Erde wurde ja immer größer* [...] *also die Lebewesen wurden größer"* (B1, Abs. 35-39). Die Evolution wird also häufig als fortschreitender Entwicklungsprozess mit stetige Größenzunahme aufgefasst. Ein 10-jähriger Grundschüler verwendet in dem Zusammenhang sogar den Begriff „Evolution": „*Also so, so wie so eine Bakterie, die sich irgendwann weiterentwickelt haben, Evolution, immer größer wurden zu Fischen, dann weiterentwickelt zu Dinosauriern und die ganzen Tieren*" (B14; Abs. 3).

Derselbe Schüler geht von großen Unterschieden im Laufe der Erdgeschichte aus („*sehr viel ist Unterschied*"). Das Evolutionsgeschehen selbst stellt er sich allerdings eher „kleinschrittig" (Säbelzahntiger → Löwe; Mammuts → Elefanten) als in „großen Sprüngen" (Bakterie → Löwe) vor:

> **I:** Und unterscheiden sich die Lebewesen von früher von den Lebewesen, die heute leben?
>
> **B14:** Manche Eigenschaften haben die halt noch behalten, aber sehr viel ist Unterschied, weil jetzt ein Löwe hat ja eigentlich nichts mit so einer Bakterie zu tun. Der entsteht dann bestimmt aus irgendwie, was weiß ich, Säbelzahntiger und irgendetwas was aus solchen (Leuten?) halt entstanden ist. [...] Ja, so er hat sich ja auch weiterentwickelt, er kommt ja nicht immer (...) vor allem irgendwie jetzt, dass jetzt ein Kind anders aussieht, wenn zwei Löwen jetzt ein Kind kriegen halt oder ja, Evolution, die müssen sich ja auch immer anpassen.
>
> **I:** Ok. Evolution sagst Du. Was versteht man unter Evolution?
>
> **B14:** Also ich weiß jetzt nicht genau wie das heißt, aber wenn sie sich weiterentwickeln und so. Zum Beispiel Mammuts werden praktisch zu Elefanten, weil es nicht mehr so kalt ist wo die leben. Und ja, sowas mein ich. (B14, Abs. 54-59)

Mehr als die Hälfte der befragten Grundschulkinder (n=9) äußert Vorstellungen über die »Erschließung neuer Lebensräume«. Insbesondere der evolutionäre Großübergang vom Wasser ans Land wird von mehreren befragten Grundschulkindern genannt (B1, B2, B3, B4, B12, B14, B15). Eine Grundschülerin beschreibt beispielsweise den Landgang der Pflanzen und betrachtet ihn als Voraussetzung für den Landgang der Tiere:

> „Und, ja, irgendwann wurde das glaube ich auch so etwas, zu einem geraden Ding, wo

> dann auch so Tentakel rauskamen und das hat sich dann immer weiter geteilt und entwickelt, bis dann die Pflanzen an Land entstanden sind und dann der Sauerstoff auch. [...] Und dann konnten die Tiere an Land gehen. Dann hat sich das halt ALLES weiter geteilt und dann ist irgendwann der Affe entstanden und wir sind aus dem Affen entstanden. (B15, Abs. 56-58).

Im Vergleich zum Übergang vom „Wasser ans Land" wird der Übergang in die Luft (B3, B12, B13) und vom „Land ins Wasser" (B16) viel seltener erwähnt. Von einigen wenigen Kindern (B1, B14) wird die »Vervielfachung/Vermehrung von Lebewesen« im Laufe der Erdgeschichte angesprochen. Ein 10-Jähriger erwähnt explizit, dass es am Anfang „nur Bakterien" gab (B14, Abs. 47). Aus denen haben sich dann zunächst zwei verschiedene Lebensformen, ein fischartiges und ein krebsartiges Lebewesen, entwickelt *(„zwei, so fischartige und so welche mit Krabbelbeinen")* und *„dann kamen irgendwann Dinosaurier, Elefanten, was weiß ich, Menschenaffen"* (B14, Abs. 49). Auf Nachfrage antwortet der Grundschüler, dass es im Laufe der Zeit dann *„halt mehrere von dieser Spezies"* gab, weil sie sich *„ja erst daraus entwickelt"* haben (B14, Abs. 51-53). Hier taucht die Vervielfältigung von Lebewesen im Zusammenhang mit dem Artbegriff („*Spezies*") auf. Auch ein anderer spricht von „*Arten*", die sich erst im Laufe der Jahre „*vermehrten*" (B1, Abs. 29-31). Der Artbegriff bleibt bei beiden Grundschulkindern unbestimmt und die evolutionäre Vervielfachung der „Arten" (Diversifikation) wird von keinem der befragten Grundschulkinder erklärt.

In der Evolutionsgeschichte gehören die Entwicklung neuer Arten und das Aussterben von Arten untrennbar zusammen. Dementsprechend fallen nicht nur Aussagen zur Evolution neuer Lebensformen, sondern auch Aussagen zum »Aussterben von Lebewesen« in die Hauptkategorie »Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte«. Es ist jedoch festzustellen, dass nur relativ wenige der Befragten (n=4) Aussterbeereignisse wie das Aussterben der Dinosaurier durch *„ein Asteroid"* (B15, Abs. 82) oder das Aussterben der Mammuts in der Eiszeit von sich aus anführen: *„Also wenn jetzt zum Beispiel ein Mammut ist und es gab eine Eiszeit und das ist jetzt weg dann wird, dann sind die halt alle umgekommen und irgendwann haben sie es geschafft sich weiterzuentwickeln"* (B14, Abs. 63).

Äußerst selten werden »geologische Prozesse« als Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte angeführt (n=1). Die dynamische Erde wird zudem nicht mit dem Evolutionsgeschehen der Lebewesen in Verbindung gebracht: *„Die Erde ist ja, war*

früher mal ein ganz großer, nur ein, hatte nur ein Erdteil (...) Und heute hat die Erde mehrere Erdteile und ich glaube auf diesem Erdteil lebten die zwei ersten Menschen" (B1, Abs. 194).

Konstanz der Lebewesen (Essentialismus)

Insgesamt neun Grundschulkinder äußern Vorstellungen, die der Kategorie »Konstanz der Lebewesen (Essentialismus)« zuzuordnen sind (Tabelle 8). Gemäß diesen Vorstellungen werden die Lebewesen entweder als gänzlich unveränderlich angesehen oder den Veränderungen werden essentialistische Grenzen gesetzt. Zum Beispiel antwortet eine 9-Jährige auf die Frage, ob sich die Lebewesen von heute von denen, die ganz früher gelebt haben, unterscheiden: „*Ne. Also ich denke also früher wurden ja alle Tiere an einem Tag mal erschaffen immer*" (B6, 55). Und ein 10-jähriger Grundschüler sieht in den Unterschieden zwischen früheren und heutigen Lebewesen (Säbelzahntiger und Löwe) lediglich geringfügige Abweichungen, die von Gott „*so*" geschaffen wurden:

> **I:** Ok (...) Und unterscheiden sich die Lebewesen, die heute leben von den damals?
> **B10:** Ja zum Beispiel, wenn es ein Säbelzahntiger gäbe, dann könnte dem nicht fangen, der hat ja richtig gute Zähne und der ist richtig schnell und wenn da ein Jäger ihn will töten, dann greift er ihn an und töten den Dings, den Jäger.
> **I:** Ja. Unterscheiden die sich die heutigen von den damaligen?
> **B10:** Ja also. Also der Säbelzahntiger, nein, der Löwe ist so wie eine Kopie von einem Säbelzahntiger.
> **I:** So eine Kopie?
> **B10:** Ja, aber der hat nur kein, nicht so lange Zähne, der kann nur richtig gut brüllen.
> [...]
> **I:** Und was meinst du, wieso sahen die Säbelzahntiger früher so aus und heute die so.
> **B10:** Allah hat sie so geschafft. (B10, Abs. 49-59)

Für den Schüler (B10) sind also Löwe und Säbelzahntiger, obgleich sie sich etwas unterscheiden (*„nicht so lange Zähne"),* wesensgleich und gehören zum ein und demselben „Idealplan" Gottes *(„so wie eine Kopie").* Sie haben sich nicht in einem naturgeschichtlichen Veränderungsprozess herausgebildet.

Veränderungen während der Individualentwicklung

Drei der Befragten äußern Vorstellungen zu Veränderungen während der »Individual-entwicklung«. Die Kinder beziehen sich nicht auf die generationsübergreifende Evolutionsgeschichte: „*Ja also zum Beispiel eine neugeborene, zum Beispiel eine normale Giraffe hat zum Beispiel ein sozusagen 5 Meter langen Hals, aber ein Neugeborenes hat zum Beispiel so 2,5 Meter einen Hals*" (B10, Abs. 257).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Betrachtet man die Codekonfigurationen zu den Kategorien, dann zeigt sich, dass mit siebenmal und damit am häufigsten die Kategorie »Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen« auftritt (Abbildung 13). Am zweithäufigsten, insgesamt fünfmal, kommt die Codekonfiguration »Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen + Essentialismus« vor. Eher selten ist die Codekonfiguration »Essentialismus + Veränderungen während der Individualentwicklung« (n=2). Noch seltener sind die Konfigurationen »Essentialismus + Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen + Veränderungen während der Individualentwicklung« sowie der reine Essentialismus (jeweils n=1). Ein 8-jähriger Grundschüler (B9) äußerte überhaupt keine Vorstellung zur Frage, weshalb in einem Fall keine Codezuordnung vorliegt (Abbildung 13).

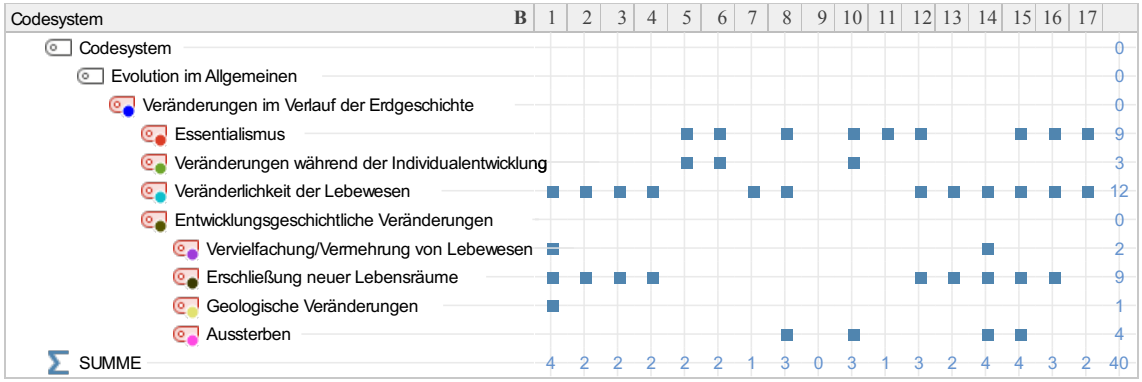


Abbildung 13: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte «. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Die Analyse der Codekombination »Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen + Essentialismus« ergibt, dass mehrere Beteiligte sowohl von einer Veränderlichkeit als auch von einer gewissen Konstanz der Lebewesen ausgehen. Einige Kinder geben in Bezug auf unterschiedliche Organismen verschiedene Antworten. Zum Beispiel gibt eine Schülerin (B16) zunächst an, dass sich die heutigen Lebewesen im Vergleich zu früher nicht unterscheiden (B16, Abs. 61). Im weiteren Verlauf des Interviews beschreibt sie jedoch, wie Wale merkliche phänotypische Veränderungen durchliefen:

> „Seine Vorfahren [Vorfahren des Wals] waren ja eigentlich keine Wassertiere, sondern Landtiere. Die haben eigentlich an Land gelebt und dann nach irgendwie eines Tages haben sich die Nasenlöcher auf den Rücken gewandert, sind im Rücken gewandert, dann immer so und (schwimmen?) ja jetzt im Wasser“ (B16, Abs. 65).

Eine andere Probandin (B12) erwähnt zunächst, „*dass alle Lebewesen erst im Wasser*

gelebt haben“ und erst dann an Land „*gekrochen*“ sind (B12, Abs. 41). Auch spricht sie die Entstehung flugfähiger Vögel an:

> „Also, dass auch die Dinosaurier schon Federn hatten, aber trotzdem nicht fliegen konnten wie heute der Strauß zum Beispiel, ist ja auch sehr groß, aber und hat viele Federn, aber kann trotzdem nicht fliegen und das heute die, die meisten die kleinen und auch jetzt die auch große Vögel fliegen können“ (B12, Abs. 43).

Neben diesen geäußerten Vorstellungen zu entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen betont die gleiche Grundschülerin andererseits auch die Konstanz von Lebewesen: *„Bei den Lebewesen ist eigentlich der Mensch gleichgeblieben“* (B12, Abs. 49).

Bei der Codekonfiguration »Essentialismus + Veränderungen während der Individualentwicklung« gehen die Grundschulkinder zwar nicht von der generationsübergreifenden Veränderbarkeit der Lebewesen im Verlauf der Erdgeschichte aus, nennen aber Veränderungen, die während der Ontogenese ablaufen. So verfügt eine Grundschülerin über die Vorstellung, dass die Lebewesen der Frühzeit im Vergleich zu den heutigen Lebewesen „*gleich*“ aussehen (B5, Abs. 53), „*außer, dass die früher halt Babys waren*“ und im Laufe der Zeit größer wurden (B5, Abs. 55):

> **I**: Ok (...) und wieso meinst du unterscheiden die sich nicht?
> **B5**: Weil es ja dasselbe Tier ist. Aa (...) vielleicht kann sein, dass das Gesicht ein bisschen sich ändert, aber (...) ja.
> **I**: Also das Gesicht kann sich ändern?
> **B5**: Ja, also so wie wir.
> **I**: (...) Wie meinst du das, wie wir?
> **B5**: Wir waren ja als Kind auch, haben wir ein anderes Gesicht und wenn man größer wird, wird es auch älter, wird man ja auch älter und (...) ja. (B5, Abs. 58-63)

Analysiert man die Zusammenhänge zwischen den Subkategorien der Kategorie »Entwicklungsgeschichtliche Veränderungen« näher, dann fällt das häufige Auftreten der Codekonfiguration »Veränderlichkeit der Lebewesen + Erschließung neuer Lebensräume« auf (Abbildung 13). Wie die Analyse zeigt, erwähnen die befragten Grundschüler nicht nur, dass Organismen im Laufe der Erdgeschichte neue Lebensräume besiedelten, sondern verknüpfen damit evolutionäre Entwicklungen der Organismen, die mit Veränderungen an den Lebewesen selbst einhergehen. Der Code-Relation-Browser offenbart insgesamt neun Überschneidungen der beiden Codes (»Veränderlichkeit der Lebewesen + Erschließung neuer Lebensräume«) (B1, B2, B3, B4, B12, B13, B14, B15, B16). Je häufiger sich Codes im Code-Relations-Browser überschneiden, desto größer ist

die Wahrscheinlichkeit, dass die Codes auch inhaltlich stark miteinander zusammenhängen (Anhang III, B). Die Detailanalyse dieser Überscheidungen zeigt, dass bei mehreren Grundschulkindern bereits Vorstellungen zu *makroevolutionären Schlüsselveränderungen*, welche mit der Erschließung neuer Lebensräume einhergehen, vorhanden sind. Beispielsweise erwähnt ein 9-Jähriger beim Wasser-Land-Übergang, obgleich etwas bruchstückhaft, die evolutionäre Innovation einer neuen Bewegungsform („laufen" statt „schwimmen"):

> „Also ich glaub ein paar leben auch noch, aber es gibt nicht, also (...) es unterscheidet sich schon, weil da gab es ja früher noch gar kein Leben auf dem Land und jetzt gibt es ja ganz viel Leben auf dem Land auch und auch in der Luft und (...) ja, das ist halt ein ganz großer Unterschied und, dass die auch laufen und nicht/. Und es gibt auch Haie und so, die sind zwar auch im Wasser, aber die schwimmen so und ja. [...] Weil sie sich weiterentwickelt haben und jetzt irgendwie halt anders aussehen" (B3, Abs. 30-31).

Ein anderer 9-Jähriger erwähnt die Entwicklung eines neuen phänotypischen Merkmals („Füße"), welches beim Übergang „vom Wasser ans Land" entstanden ist:

> „Also ich denk so, dass das, erst ganz klein nur im Wasser war, und dann ist es ein bisschen größer geworden und irgendwann hat es dann auch die F/, die Füße bekommen, konnte dann an Land und hatte halt immer noch die Flosse, ist immer größer geworden" (B4, Abs. 17).

Eine 10-Jährige weist auf die sekundär ins Wasser zurückgekehrten Wale hin, wobei sie als phänotypische Veränderung angibt, dass die „Nasenlöcher" der Landtiere *„auf den Rücken gewandert*" sind und die Tiere nun im Wasser schwimmen (B16, Abs. 65). Ein 10-Jähriger stellt sich vor wie „*ein Dinosaurier aus so einer Art Wal entstanden*" ist: „*Die sind dann auch an Land gekommen, haben zum Beispiel anstatt Flossen Arme bekommen, halt so etwas"* (B14, Abs. 63). Insgesamt ist festzustellen, dass keiner der Befragten Vorstellungen äußert, die alle Aspekte der entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen (Veränderlichkeit der Lebewesen an sich, Diversifikation, Erschließung neuer Lebensräume, geologische Veränderungen, Aussterben) berühren (Abbildung 13).

7.1.1.4 Hauptkategorie: Erklärungen zu den erdgeschichtlichen Veränderungen

Gezielt nach den Triebfedern und Mechanismen der angegebenen Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte gefragt, lassen sich aus den Antworten insgesamt neun

verschiedene Kategorien bilden (Tabelle 9). Auffällig ist, dass sechs der Befragten »keine Erklärung« zum Mechanismus der Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte angeben: „*Keine Ahnung.* [...] *Ich hab mir schon Gedanken darüber gemacht, aber mir ist wirklich, nicht wirklich so viel eingefallen"* (B4, Abs. 45-47). Zusätzlich liegen zu drei der befragten Kinder (B5, B9, B11) keinerlei Codierung innerhalb der Hauptkategorie vor, da diese drei Grundschulkinder nicht von entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen ausgehen und dementsprechend auch keinerlei Erklärung zu den Mechanismen äußerten (vgl. Kapitel 7.1.1.3).

Tabelle 9: Erklärungen zu den entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen

Kategorie/Vorstellung	**Anzahl der Kinder**
Keine Erklärungen	6 (9)
Durch externe Auslöser	4
Durch die Zeit	2
Durch (innere) Entwicklungsvariation	1
Durch Zellteilung	1
Durch Überlegungen	1
Durch Anpassung	1
Durch Hybridisierung	1
Durch den Erwerb von Eigenschaften	1
Gott verändert die Welt	1

Einige Beteiligte (n=4) nennen »externe Auslöser« wie den »Regen« (*„Es war so halt dann wie ein Regen, der ist darauf geprasselt und dann sind halt so Pflanzen aus den grünen Teilchen entstanden";* B8, Abs. 75), »Strahlen« („*Dann warn dann halt auch noch solche Strahlen und die Strahlen die haben dann das Ei so zum Platzen gebracht so. [...] Und dann ist dieser Dino-Drache entstanden*"; B8, Abs. 33-35), »Klima-veränderungen« („*Ja, halt wenn die sich weiterentwickeln durch die Klimaveränderung*"*;* B14, Abs. 69; B12) oder einen »Meteorit«, der die Veränderungen der Lebewesen bewirkt haben soll:

> „Vielleicht auch durch den Meteorit oder der da gekommen ist in der Dinosaurierzeit, da fast alle Dinosaurier ausgelöscht hat und die jetzt fast alle tot sind. Es gibt noch ein paar Nachkommen, aber, ja also, das ist glaub ich vielleicht, ich weiß es nicht, aber vielleicht ist er auch wegen dem Meteorit kleiner geworden irgendwie oder so" (B3, Abs. 45).

Im Kontrast zu den äußeren Faktoren sieht eine Grundschülerin (B6) in der »inneren Entwicklungsvariation« einen generativen Mechanismus für die Veränderung der Lebewesen. Entsprechend dieser Vorstellung kommt es in einem Entwicklungskompartiment (innerhalb einer „Zelle“) zu (mutationsähnlichen) Abweichungen. Es ist „*irgendetwas nicht richtiggegangen*“, was dann schließlich zu einem veränderten Lebewesen führt (B6, 31-68). Sie (B6) äußert außerdem eine intentionale Vorstellung. Menschliche »Überlegungen« werden dabei auf die „Zellen“ übertragen (anthropomorphe Vorstellung): „*Und die Zellen überlegen sich halt selbst aus was sie schlüpfen und wenn es von einer Sache vielleicht nur eins gibt, dann schlüpfen die daraus*“ (B6, Abs. 212). Eine andere Schülerin gibt die »Zellteilung«, einen Vervielfältigungsmechanismus, als Erklärung an:

> „Die Zellen haben sich halt in denen immer weiter geteilt und geteilt. Irgendwann ist das halt so gekommen, dass sie sich weiterentwickelt haben und weiter und weiter, weil sich die Zellen immer weiter geteilt haben auch und dann ist irgendwann der Mensch entstanden. [...] Das ist halt so: die haben sich, zusammen haben sie sich zweimal geteilt, so, und dann ist das halt weitergegangen; die haben sich dann zu viert alle geteilt und dann sind acht rausgekommen, es werden halt immer, wenn mal vier mal zwei rechnet, dann sind das acht“ (B15, Abs. 84-90).

Einerseits ist erstaunlich, dass die Grundschülerin bereits versucht, die evolutionäre Entwicklung auf der Zellebene zu betrachten, andererseits ist anzumerken, dass sie sich bei der Erklärung nur auf die Duplikation beschränkt und keine Vorstellung äußert, „ob“ und „wie“ sich die „Zellen“ im Laufe der Zeit evolutionär diversifizierten.

Eine andere Grundschülerin (B8) stellt sich vor, dass Lebewesen neue Eigenschaften *aktiv* oder *passiv*, sprunghaft innerhalb nur einer Generation, erwerben (»Erwerb von Eigenschaften«). Folgende Äußerungen verdeutlicht die *aktive* Form:

> „Dann hat ein Dinosaurier ein bisschen Haut verloren, dann kam so ein kleiner Wurm und hat die Haut an sich genommen und dann wurde daraus halt eine Schlange mit Dinosaurierhaut [...] Die Schildkröte, die hat so ein Stück von einem, man, das war so Art Stein und das war halt so ein Tier, also ohne Panzer, und das hat sie sich da daraufgesetzt und daraus ist dann die Schildkröte entstanden“ (B8, Abs. 75).

In der *passiven* Form nehmen Lebewesen Dinge von außerhalb auf. Sie stellt sich vor, dass ein Muschelstück in ein Fisch-Ei gelangte, was zur Entstehung eines neuen Merkmals („weißer Fleck“) führte:

> „Also der, dieser Fisch, der war nur schwarz, aber dieser Baby-Wal, der hat dann

> irgendwann, also als er noch in der Schale war, ist ein Stück weiße Muschel, aber die war halt, die ist dann ins Ei geflogen, aber das Ei, das war kochend heiß und dieses Mussel, Muschelstück ist da reingeflogen, aber das hat sich so da reingesaugt und dann ist es halt auch in die Haut von dem Baby-Fisch gekommen und dann hatte der halt diese weißen Flecken bekommen“ (B8, Abs. 75).

Ein Schüler (B10), der sich die Erdgeschichte nicht als etwas völlig Statisches vorstellt (er nennt das Aussterben von Lebewesen) erklärt die entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen mit Gott (»Gott verändert die Welt«). Er stellt seine Vorstellung wie folgt dar:

> „Also so nach, also nach die Dinosaurier ausgestorben wurden kamen auch richtige Menschen und so. Da kamen da auch Löwen. Also sozusagen eine neue Welt wurde entstanden, aber ist es die gleiche, aber der Allah hat es nur ein bisschen gewechselt“ (B10; Abs. 183).

Seine Vorstellung erinnert an eine Art „Katastrophentheorie“, bei der auf eine Katastrophe eine „Neuschöpfung“ bzw. „göttliche Umgestaltung“ folgt. Durch die Kreuzung verschiedener „Arten“ entstehen andersartige Mischwesen als Nachfahren (»Hybridisierung«). Auch diese Vorstellung wird von einem Grundschulkind geäußert:

> **I**: Wie erklärst du dir denn, dass die früher so aussahen und heute so?
>
> **B13**: Dass vielleicht sich irgendwelche anderen, verschiedenen Arten gepaart haben und dann so eine Mischung-Kinder also gekriegt haben. (B13, Abs. 40-41)

Zwei Kinder verweisen auf die »Zeit« als Erklärung für Veränderungen, wobei die Zeiträume der Veränderungsprozesse nicht weiter konkretisiert werden: „*Einfach durch die Zeit und keine Ahnung*“ (B14, Abs. 67) oder „*vielleicht (...) über die Jahre*“ (B13, Abs. 37). Ein Grundschulkind nennt die »Anpassung« als Erklärungsansatz für die entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen:

> „Also, dass sie, ich würde es mir so erklären, dass, wenn sie, also das mit dem Anpassen und der Klimatemperatur, aber auch dass die jetzt, wenn die dann Land kommen, immer weiter sich entwickeln, dass die zum Beispiel aus Flossen am Rücken, die weggehen irgendwann, oder hieraus Arme werden (zeigt dabei auf seinen linken Arm), der Kopf wird anders geformt und sowas, ja“ (B14, Abs. 65).

Die Anpassung wird als ein aktiver Anpassungsprozess verstanden: „*Die müssen sich ja auch immer anpassen*“ (B14, Abs. 57). Insgesamt ist festzustellen, dass keiner der Befragten die Variation & Selektion (Anpassungsmechanismus) und die Isolation (Artneubildungsmechanismus) als Erklärungsansätze für die Veränderungen erwähnt. Die Erklärungen der befragten Kinder sind dadurch gekennzeichnet, dass nicht zwischen

Populations- und Individualebene differenziert wird. Bei den identifizierten Erklärungsansätzen stellen sich außerdem das Verständnis der biologischen Klassifikations- und Organisationsebenen sowie das Zeitverständnis als unausgereift heraus.

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Die Codekonfiguration »Keine Erklärung« kommt innerhalb der Hauptkategorie am häufigsten vor (Abbildung 14). Von den sechs Kindern sind vier der jüngeren Altersgruppe (8-9 Jahre) zuzuordnen. Nimmt man die drei befragten Kinder (B5, B9, B11) hinzu, die sich überhaupt nicht zu entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen und zu den Mechanismen äußerten (»Keine Codierung«), dann gibt etwas mehr als die Hälfte (n=9) der Befragten *keine Erklärung* bezüglich der entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen an. Davon sind fünf Probanden unter 10 Jahre alt.

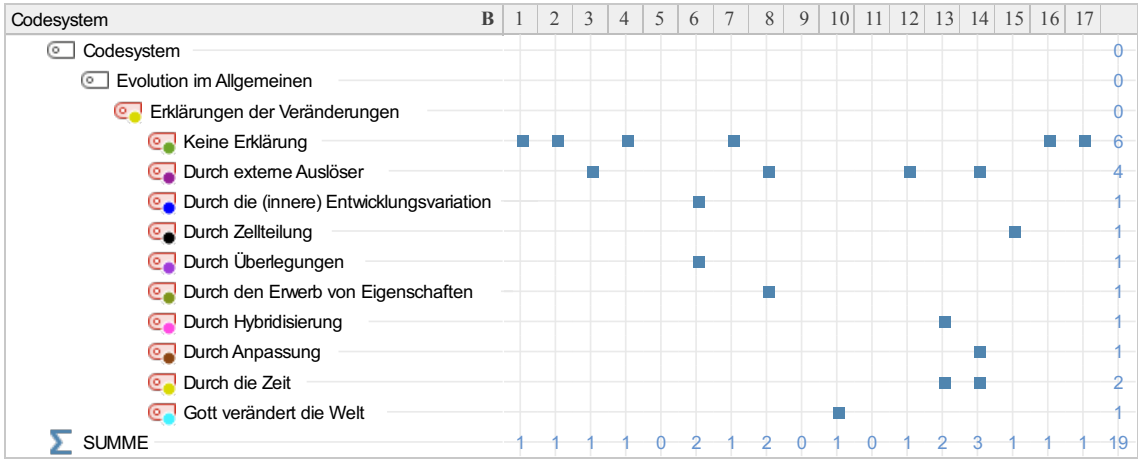


Abbildung 14: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Erklärung der Veränderung«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Andererseits sind die identifizierten Erklärungen in der Stichprobe auch sehr heterogen und einzelfallartig (Abbildung 14). Die am häufigsten (n=4) genannte Erklärung der »externen Auslöser« tritt als Codekonfiguration zweimal alleine, dann einmal mit der Konfiguration »Durch Anpassung« + »Durch die Zeit« und ein weiteres Mal mit der Erklärung »Durch den Erwerb von Eigenschaften« auf. Die Erklärung der »(inneren) Entwicklungsvariation« kommt nur einmal und in diesem Fall zusammen mit der intentionalen Erklärung »Durch Überlegungen« vor. Auch alle anderen Codekonfigurationen (»Gott verändert die Welt«, »Durch Zellteilung«, »Durch Hybridisierung + Durch die Zeit«) treten lediglich einmalig auf (Abbildung 14).

7.1.1.5 Hauptkategorie: Ordnen der Lebewesen

Um zu erheben, wie Grundschulkinder Ordnung in die Vielfalt der Lebewesen bringen, wurden verschiedene Spielfiguren (Farn, Dinosaurier, Schildkröte, Klapperschlange, Weißkopfseeadler, Orca, Giraffe, Totenkopfäffchen, Menschenaffen) eingesetzt (Anhang I, A). Die Figuren sollten die Kinder nach ihren Vorstellungen frei ordnen. Einerseits sind die ausgewählten Lebewesen der Untersuchung sehr divers (große, kleine, ausgestorbene, jetztlebende, beinlose, zweibeinige, vierbeinige, kriechende, schwimmende, gehende, fliegende, fleischfressende, pflanzenfressende, allesfressende, Boden-, Baum-, Wasser- und Luftlebewesen). Andererseits stehen einige der Lebewesen (Figuren) in einem sehr nahen Verwandtschaftsverhältnis zueinander. Bei der Erhebung der Vorstellungen zum Ordnen stellt sich die Frage, welche Ordnungskriterien die Grundschulkinder verwenden und insbesondere, ob sie Ähnlichkeits- und Abstammungsgemeinschaften bilden. Im Hinblick auf den Befragungsschwerpunkt der Humanevolution wurden die Großen und Kleinen Menschenaffen (Figuren: Gibbon, Orang-Utan, Gorilla, Gemeiner Schimpanse, Bonobo, Jetztmensch) eingesetzt. Die Ergebnisse des Kapitels leiten zum zweiten Ergebnisteil (Kategoriensystem II) über.

Ordnungskriterien der befragten Grundschulkinder

Bei den eingesetzten Figuren sind unterschiedliche Vorstellungen zum Ordnen der Lebewesen identifizierbar (Tabelle 10).

Tabelle 10: Kriterien beim freien Ordnen

Kategorie/Ordnungskriterien	Anzahl der Kinder
Nach der Zeit	13
Nach der Größe	5
Nach Lebensräumen/Verbreitungsgebiete	5
Nach systematischen Gruppen	4
Nach der Stärke/Kraft/Gefährlichkeit	3

Am häufigsten (n=13) ordnen die befragten Grundschulkinder die Lebewesen »nach der Zeit«. Entweder geben die Kinder konkret die »Zeit« als Ordnungskriterium an („*Ich würde die nach Zeit sortieren*“; B15, Abs. 78) oder das Ordnungskriterium wird indirekt deutlich: „*Ich mach sie von neu zu alt. Also das ist der ganz neue (nimmt die Menschen-Figur), das sind wir, die Menschen, da bin ich mir ganz sicher (...) (ordnet die Figuren)“*

(B3, Abs. 49). Nach dem Ordnen der Figuren wurde jeweils nochmal nachgefragt, wieso die Grundschulkinder die Lebewesen so geordnet haben. Ein 9-jähriger Drittklässler begründet seine Anordnung zum Beispiel wie folgt:

> „Also wie ich die ordne, geordnet habe? Also der Mensch (nimmt die Menschen-Figur), der lebt ja jetzt und (...) halt das der ganz neue, wir sind ganz hinten von der Erde, es gibt ganz viele Millionen, mehr glaub ich sogar noch, Milliarden Jahre vielleicht und wie die Erde entstanden ist und so, aber wir sind ganz ganz ganz ganz ganz hinten, wir Menschen, also wir" (B3, Abs. 57).

Eine Orientierung an der »Größe« der Lebewesen ist bei fünf der befragten Kinder zu verzeichnen. Die Äußerungen einer 10-Jährigen vor und nach dem Ordnen der Figuren verdeutlichen das Ordnungskriterium: „*Also ich habe mir halt eben so gedacht nach der Größe"* (B16, Abs. 109). Als „*größtes Tier*" gibt die Grundschülerin den Wal an, obgleich sie die Pflanze (Farn) als potentiell größtes Lebewesen einstuft. Sie stellt die Farn-Figur daher ganz nach außen und erklärt „*der Baum kann halt eben auch größer werden als ein Orca*" (B16, Abs. 110-121). Ebenfalls fünf der befragten Grundschulkinder ordnen die Figuren (jedenfalls teilweise) »Nach Lebensräumen/Verbreitungsgebieten« der Lebewesen. Für einen 8-jährigen Drittklässler spielt das Wasser als Lebensraum eine zentrale Rolle beim Ordnen: „*Und das Wasser natürlich und halt im Wasser waren ja auch die ersten Lebewesen. Deswegen sag ich das. Der hier kommt danach (zeigt auf die Orca-Figur), weil der auch im Wasser ist, die Schildkröte, die habe ich erst danach gemacht (zeigt auf die Schildkröten-Figur), weil die kann ja im Wasser und an Land*" (B2, Abs. 82). Ein anderer 8-jähriger Grundschüler (mit Migrationshintergrund) gibt nach dem Ordnen an, die Lebewesen „*nach Ländern*" sortiert zu haben. Er erwähnt in diesem Zusammenhang „*Wälder*" bzw. den „*Regenwald*" als Lebensraum (B9, Abs. 52-59). Nur wenige der Befragten (n=4) versuchen biologisch-taxonomische Kriterien heranzuziehen und ordnen die Figuren »Nach systematischen Gruppen«. Zum Beispiel stellen sie die Affen-Figuren zusammen (*„die Affen gehören zusammen"*; B5, Abs. 115) oder ordnen die Figuren „*nach Säugetieren*" (B4, Abs. 61-71). Für einige der Befragten (n=3) ist beim Ordnen leitend wie gefährlich beziehungsweise wie stark die Lebewesen sind. Das Ordnungskriterium der »Stärke/Kraft/ Gefährlichkeit« soll durch folgende Äußerung eines Grundschülers verdeutlicht werden:

> „So nach Stärke würde ich gerne. [...] Danach der Stegosaurus, ne, der Mensch ist hier (nimmt die Menschen-Figur und stellt ihn zwischen die Giraffen-Figur und die Orang-Utan-Figur), weil der Stegosaurus kann ihn mit den Dings hier töten (zeigt auf die

> Schwanzstacheln) [...] und danach die Anakonda, der diese Schlange (nimmt die Klapperschlangen-Figur), die halt giftig ist zum Beispiel, und danach den da (nimmt die Weißkopfseeadler-Figur) und danach der da (nimmt die Orca-Figur), weil wenn da zum Beispiel, also das ist jetzt das Wasser (deutet mit der Hand Wasser an) und wenn der jetzt hier so ist (nimmt die Weikopfseeadler-Figur), dann kann der (nimmt die Orca-Figur) ihn so oben essen, weil der isst auch Vögel“ (B10, Abs. 81).

Zusammenhänge innerhalb der Kategorie »Ordnen nach der Zeit«

In den meisten Fällen (n=10) ordnen die Kinder die 14 Lebewesen nach ihrem erdgeschichtlichen Auftreten, wobei sie die Figuren zeitlich in einer Reihe anordnen. Um genauer zu untersuchen, wie die zehn Grundschulkinder die Lebewesen nach dem erdgeschichtlichen Auftreten geordnet haben, wurde die zeitliche Abfolge der Lebewesen entsprechend der jeweiligen Figurenanordnung (basierend auf der Videoaufzeichnung) erfasst (Abbildung 15).

Abbildung 15: Geradlinige Anordnung der Figuren nach der Zeit

Erfasst wurde, an welchen der 14 möglichen »zeitlichen Positionen«(Z1-Z14) die Kinder bestimmte Lebewesen platzierten. Dabei stellt die Position Z1 den frühesten und Z14 den spätesten Zeitpunkt (Jetztzeit) dar. Angesichts der Vorher-Nachher-Reihung der Lebewesen lässt sich von allen zehn Kindern die relative zeitliche Anordnung der

Lebewesen bestimmen. Tabelle 11 zeigt das sich ergebende Vorstellungsmuster zur erdgeschichtlichen Abfolge der Lebewesen. Die absoluten Zeitangaben und die zeitlichen Abstände zwischen dem Erscheinen der Lebewesen werden dabei nicht betrachtet.

Tabelle 11: Anordnung der Lebewesen beim Ordnen nach der Zeit. Z1-Z14: Zeitliche Positionen; T-Äffchen: Totenkopfäffchen.

Zeitliche Position	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
Mensch	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8
Farn	4	1	1	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
Wal	0	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	5	0	0
Dinosaurier	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0
Schildkröte	1	0	3	1	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0
Schlange	0	1	1	0	0	1	1	2	1	0	2	0	0	1
Adler	0	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	0	4	0
Giraffe	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	1	3	1
Primaten[1]														
T-Äffchen	3	0	0	1	1	1	1	0	0	2	1	0	1	0
Gibbon	0	1	1	0	1	0	2	1	1	1	0	1	1	0
Orang-Utan	0	0	1	1	3	2	0	0	0	3	0	0	0	0
Gorilla	0	1	0	1	1	2	1	2	1	0	1	0	1	0
Schimpanse	0	1	1	2	0	0	1	2	1	1	0	1	0	0
Bonobo	0	0	0	3	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0

Kein Kind — Viele Kinder N=10

[1] *Beruht jeweils auf dem größten Wert der nicht-menschlichen Primaten*

Auffällig ist, dass die Mehrheit der zehn Kinder (n=8) die Menschen-Figur an die letzte Position (Z14) stellen: „*Der Mensch [...] am Ende*“ (B7, Abs. 69). Der „*Mensch*“ wird entsprechend als erdgeschichtlicher End- und Zielpunkt betrachtet:

> „Also das ist nach, äh, die Tiere, also, die, das ist, ach, das ist vor ein paar Millionen Jahren (zeigt auf die Farn-Figur), vor 150 Millionen Jahren und dann ist, kommt es immer früher bis zum Mensch“ (B13, Abs. 67).

Ein anderes Beispiel: „*Ich dachte halt der Mensch kommt als letztes, weil zuerst alle Tiere auf der Welt waren*“ (B2, Abs. 82). Nur ein Kind stellt die Menschen-Figur an den

Anfang: „*Zuerst der Mensch* [...] *Also, den Mensch gab es ja als erstes"* (B11, Abs. 69-71). Die Farn-Figur wird am häufigsten am Anfang angeordnet: *„Weil die Pflanzen waren glaub ich wirklich das erste was auf der Welt war"* (B2, Abs. 82). Am zweithäufigsten wird eine Primaten-Figur (Totenkopfäffchen) an den Anfang der Reihe gestellt:

> „Erstmal waren ja die Affen. Dann kamen vielleicht so Pflanzen. Die Bäume kamen zwar davor, aber vielleicht kamen danach so Pflanzen und dann die Dinos, Dinosaurier, die sind ja manchmal Pflanzenfresser und die Schlange kam glaube ich nach den Dinos und dann die Schildkröte" (B17, Abs. 85).

Betrachtet man jeweils das am häufigsten gewählte Lebewesen pro Position, dann wird erkennbar, dass die Dinosaurier („*den Dinosaurier habe ich hier hin gemacht, weil der kommt ja auch viel früher als wir noch*"; B2, Abs. 82) und Schildkröten zeitlich eher früher (Z1-Z7) eingeordnet werden: „*Schildkröten gab es auch schon ganz früh*" (B13, Abs. 63). Die an insgesamt acht verschiedenen Positionen verteilte Schlangen-Figur wird am ehesten im mittelspäten Bereich (Z6-Z11) platziert. Tendenziell eher spät (Z8-Z14) treten in der Vorstellungswelt der Befragten die Giraffen und Adler in Erscheinung. Den Weißkopfseeadler bringt eine Schülerin mit der „Indianerzeit" in Verbindung und stellt ihn dann unsicher hinter die Gorilla-Figur (B8, Abs. 73). Auch die Wal-Figur taucht häufiger im späten Bereich (Z12) auf. Allerdings stellen einige Kinder den Wal auch in den Frühbereich (Z2-Z3) und sehen in ihm eher ein fischartiges „Wassertier" als ein Säugetier. Die Primaten kommen insgesamt an 13 unterschiedlichen Positionen vor (Z1-Z13) und treten am häufigsten im mittelfrühen Bereich (Z4-Z6) auf. Am verstreutesten werden die Gorilla- und Gibbon-Figuren platziert, die beide an insgesamt neun verschiedenen Positionen vorkommen. Die Schimpansen treten insgesamt an acht verschiedene Positionen auf (Tabelle 11). Es wird deutlich, dass die meisten der Grundschulkinder große Schwierigkeiten haben, die nicht-menschlichen Primaten zeitlich (in Relation zu den Menschen und den anderen Lebewesen) einzuordnen.

Die Problematik der geradlinigen Anordnung der Lebewesen wird einigen Beteiligten teilweise bewusst. Ein Grundschulkind weist zum Beispiel darauf hin, dass nicht nur die modernen Menschen, sondern auch die Adler, Giraffen, Wale, Schildkröten, Schlangen, Affen und Pflanzen zu den rezenten Lebewesen gehören:

> „Das sind ja Wassertiere (zeigt auf die Schildkröten-Figur und die Orca-Figur). Die leben manchmal im Wasser (zeigt auf die Schildkröten-Figur). Die Giraffe, die gibt es zwar noch, aber das ist hier so ehr so im heutigen Leben das ab hier (zeigt auf die

> Menschen-Figur, Adler-Figur, Giraffen-Figur, Orca-Figur, Schildkröten-Figur, Schlangen-Figur). Die Pflanzen gehören zwar auch noch dazu, aber/ [...] Pflanzen, aber die Affen gibt es auch noch heute“ (B17, Abs. 85-87).

Bis auf den Dinosaurier gibt es heute noch alle Tiere, bemerkt die Schülerin: „*Eigentlich gibt es sonst alle Tiere noch und Menschen sowieso*“ (B17, Abs.89). Eine andere Grundschülerin stellt die Giraffen-, Schlangen- und Adler-Figur vor den Menschen, weist aber darauf hin, dass die Menschen nicht aus dem Adler, sondern aus den Affen hervorgegangen sind, die in der Reihe viel weiter hinten stehen: „*Die Giraffe, die Schlange, die Schildkröte und der Adler und irgendwann - aber jetzt nicht aus dem Adler - sind wir entstanden, sondern hier aus den Affen*“ (B15, Abs. 82). Die Aussagen können andeuten, dass die Kinder mit ihrer geradlinigen Anordnung nicht gänzlich zufrieden sind. Auffällig, aber nicht unerwartet ist, dass keins der zehn Kinder von einem Verzweigungsprozess bzw. einem (phylogenetischen) Stammbaum spricht, bei dem die rezenten Lebewesen an den Zweigenden stehen und im Sinne der *gemeinsamen* Abstammung auf gemeinsame Vorfahren zurückgehen. Wenn überhaupt, werden verwandtschaftliche Aspekte nur bruchstückhaft und unsicher mit der Entwicklung in Zusammenhang gebracht: „*Dann (...) Affen gab es (...) danach. Die sind ganz (nimmt die Gibbon-Figur), nein, eigentlich müssten die ganz alt sein, weil sonst wären sie eher mit den Menschen verwandt, äh, nicht verwandt. Vielleicht sind die hier am meisten mit den Menschen verwandt sind, ganz spät (nimmt die Schimpansen-Figur)“* (B13, Abs. 63).

Abweichende Figurenanordnungen beim Ordnen nach der Zeit

Drei der 13 Kinder, die die Lebewesen nach der Zeit anordnen, stellen die Figuren nicht ausschließlich geradlinig in einer Reihe auf. Zum Beispiel lässt eine Grundschülerin (B5) gleich mehrere Lebewesen gleichzeitig auftreten (vgl. Abbildung 16). Auf die Frage wieso die Grundschülerin die Lebewesen so geordnet hat, antwortet sie:

> „Weil ich eher denke, dass die Affen (räuspert), die, also als erstes hat wahrscheinlich so (nimmt die Farn-Figur), also, hier die drei Affen (zeigt auf die Totenkopfäffchen-Figur, Schimpansen-Figur, Gibbon-Figur), denk ich mal, dass sie so als erstes gelebt haben und dann die Palme (zeigt auf die Farn-Figur) mit den drei Affen (zeigt auf die Bonobo-Figur, Gorilla-Figur, Orang-Utan-Figur) und dem Dinosaurier (zeigt auf die Stegosaurus-Figur) und die Schlange (zeigt auf die Klapperschlangen-Figur) und danach die Giraffen (zeigt auf die Giraffen-Figur) und die Schildkröte (zeigt auf die Schildkröten-Figur), dann der Adler (zeigt auf die Weißkopfseeadler-Figur) dann erst der Wal (zeigt auf die Orca-Figur) (...) ja und dann erst hier der Mensch (lacht) (zeigt auf die Menschen-Figur). Weil Menschen sind erst später auf die Welt gekommen“ (B5, Abs. 117).

Ein anderer Grundschüler (B12) stellt mehrere Primaten-Figuren (Gibbon, Orang-Utan, Totenkopfäffchen, Schimpanse) aus der Reihe heraus. Dies macht der Grundschüler, um anzudeuten, dass die Affen in der Erdgeschichte zusammen auftraten: „*Dann kam halt die ganzen Affen, dann irgendwann der Mensch*“ (B12, Abs. 59). Auch dieses Grundschulkind (B12) stellt die Farn-Figur an den Anfang und den Menschen an das Ende der Reihe.

Abbildung 16: Zeitliche Anordnung der Figuren

Das dritte Kind (B14), das von der rein geradlinigen Anordnung abweicht, ordnet die Dino- und Schildkröten-Figur nebeneinander an. Der Grundschüler erklärt dazu, dass Schildkröten und Dinosaurier „etwa gleichalt“ sind. Außerdem stellt er die Orca-Figur neben die Dino- und Schildkröten-Figur. Der Schwertwal soll nämlich das „*dritte Lebewesen*“ repräsentieren, das „*aus [...] Bakterien im Wasser entstanden ist*“ (B14, Abs. 103). Weiter erklärt der Grundschüler:

> „Der Orca oder Schwertwal, der hat sich dann weiterentwickelt zu so einem Dinosaurier, zu einem ähnlichen, ja und dann hat der sich in irgendwann in Vögel verwandelt oder weitergebildet. Dann gab es aber auch schon die Affen und daraus kam dann der Mensch und dann kamen hier noch so spezielle Affen-Arten. [...] Der Farn ist schon vor den Dinos gewesen. Das weiß ich, das war nämlich deren Essen“ (B14, Abs. 105-107).

Gemäß der Vorstellung des Grundschülers sind nicht nur die Vögel aus den Dinosauriern entstanden, sondern wahrscheinlich auch die Affen. Er begründet seine Figurenanordnung damit, „*dass der Mensch aus dem Affen entstanden ist und der Affe aus so komischen, so irgendwelchen Dinos, so aus einer Mischung von, keine Ahnung, die Affen gibt es ja auch schon sehr lange*“ (B14, Abs. 101). Ungewöhnlich ist, dass der Schüler im Unterschied zur Mehrheit der anderen Grundschulkinder den Menschen nicht ganz ans Ende der Entwicklungsreihe stellt. Er sagt, dass *nach* den Menschen noch „*so spezielle Affen-Arten*“ kamen. Daher stellt er Primaten-Figuren nicht nur *hinter* (Orang-Utan-, Gorilla-, Bonobo-, Schimpansen-Figur), sondern auch *vor* die Menschen-Figur (Totenkopfäffchen- und Gibbon-Figur).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Die Frage danach, ob die Grundschulkinder beim Ordnen der Lebewesen ausschließlich eine oder verschiedene Kriterien verwenden, kann mit dem Code-Matrix-Browser untersucht werden (Abbildung 17). Die Analyse ergibt, dass acht Grundschulkinder die Lebewesen kriterienstet ordnen, während neun Grundschulkinder unterschiedliche Ordnungskriterien verwenden. Ein Beteiligter (B6) verwendet sogar vier verschiedene Kriterien.

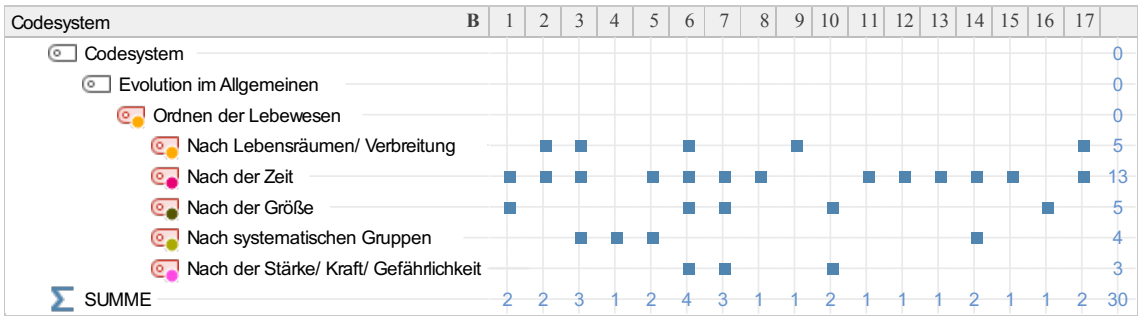


Abbildung 17: Ordnungskriterien im Code-Matrix-Browser. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Die Analyse mit dem Code-Relations-Browser ergibt, dass sich am häufigsten (n=4) die Ordnungskriterien »Lebensraum« und »Zeit« überschneiden. Die folgende Begründung einer Grundschülerin verdeutlicht wie beim zeitlichen Ordnen der Lebewesen der Lebensraum der Organismen leitend ist:

> „Weil die Pflanzen waren glaub ich wirklich das erste was auf der Welt war (nimmt die Farn-Figur) und das Wasser natürlich und halt im Wasser waren ja auch die ersten Lebewesen. Deswegen sag ich das. Der hier kommt danach (zeigt auf die Orca-Figur), weil der auch im Wasser ist, die Schildkröte, die habe ich erst danach gemacht (zeigt

> auf die Schildkröten-Figur), weil die kann ja im Wasser und an Land [...]“ (B2, Abs. 82).

Insgesamt dreimal werden die Ordnungskriterien »Größe & Zeit« verwendet (Abbildung 17). Ein Grundschüler weist darauf hin, dass es „*nach der Größe sehr ordentlich ist*“ und schließt aus diesem Ordnungssystem auf die Entwicklung der Lebewesen: „*Weil man so herausfinden kann wie sich die Tiere entwickelt haben. Affen, Schlangen, Schildkröten*“ (B1, Abs. 69). In der evolutionären Entwicklung der Lebewesen wird eine Größer- und Höherentwicklung gesehen: „*Die werden ja so nach oben größer*“ (B1, Abs. 71). Das Ordnen »Nach der Zeit« wird auch mit dem Ordnen »Nach systematischen Gruppen« verbunden. So stellt ein Grundschüler *alle* Primaten-Figuren hintereinander an den Anfang der Entwicklungsreihe („*Ja, ich denk einfach mal, dass die Affen früher gelebt haben*“ B5, Abs. 121) und betont biologisch-taxonomisch: „*Die Affen gehören zusammen*“ (B5, Abs. 115).

Bei einer Person (B10), der die Lebewesen *nicht* nach Zeit ordnet, ist ein Kriterienwechsel beim Ordnen identifizierbar. Während der Grundschüler Farn, Schildkröte, Totenkopfäffchen, Gibbon und Schimpanse nach dem Ordnungskriterium der »Größe« ordnet (die Lebewesen sind für ihn alle „klein“), werden die anderen Figuren nach dem Ordnungskriterium der »Stärke/Gefährlichkeit« sortiert. Das kriterienunstete Ordnungssystem hat für den Grundschüler allerdings keinen widersprüchlichen Charakter, da er Pflanze und Schildkröte, die er nach der Größe ordnet, keinerlei Stärke und Gefährlichkeit zuspricht (B10, Abs. 81).

7.1.2 Vorstellungen von Grundschulkindern zur Humanevolution

Im zweiten, spezielleren Teil der Befragung werden die Vorstellungen der Grundschulkinder zu unterschiedlichen Aspekten der Humanevolution untersucht. Entsprechend dem Kategoriensystem II werden in diesem Kapitel die erhobenen Kindervorstellungen zu den folgenden fünf Hauptkategorien dargestellt: (1) Das Mensch-Affen-Verhältnis, (2) Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Menschen und den (anderen) Affen, (3) Variation am Beispiel der Schimpansen (4) Vorstellungen zur Herkunft der Menschen und (5) Veränderungen und dem Entwicklungsstand der Menschen.

7.1.2.1 Hauptkategorie: Das Mensch-Affen-Verhältnis

Durch die Äußerungen der befragten Kinder wird erkennbar, wie sich die Kinder den Menschen im Verhältnis zu den nichtmenschlichen Affen vorstellen (Tabelle 12). Nahezu alle der befragten Grundschulkinder (n=16) sehen in den Affen die »menschenähnlichsten Lebewesen«: „*Ich finde der Affe ähnelt einem schon am meisten*“ (B6, Abs. 94). Ein Kind wird konkreter und gibt auf die Frage nach dem menschenähnlichsten Lebewesen einen Prozentsatz von 98% an, um die starke Ähnlichkeitsbeziehung von Affen und Menschen zu verdeutlichen: „*Den Affen, also weil der ist 98% davon und ähnelt“* (B14, Abs. 119). Der überwiegende Teil der Befragten (n=12) weist dem Menschen gegenüber den Affen aber auch eine biologische » Sonderstellung« zu. In dieser Vorstellung werden Menschen von den Affen herausgehoben oder von diesen distanziert. Eine Trennlinie zwischen dem Menschen und den nichtmenschlichen Affen wird erkennbar. So wird der Mensch nicht als ein Affe verstanden: „*Also der ist ein Mensch, aber kein Affe*“ (B10, Abs. 145).

Tabelle 12: Vorstellungen zum Mensch-Affen-Verhältnis

Kategorie/Vorstellung	Anzahl der Kinder
Affen als menschenähnlichste Lebewesen	16
Sonderstellung/Abseitsstellung des Menschen	12
Mensch als Menschenaffen	8
Affenverwandtschaft	7
Mensch als Störenfried	6
Früher war das Mensch-Affen-Verhältnis enger	5
Menschen und Affen als Säugetiere	2

Ungefähr die Hälfte der Befragten (n=8) gibt an, dass der Mensch zu den Menschenaffen gehört bzw. ein Menschenaffe ist. Die Vorstellung »der Mensch als Menschenaffe« kann zum Beispiel dadurch identifiziert werden, wenn ein Kind, nachdem es aufgefordert wurde alle Menschenaffen-Figuren zusammenzustellen, auch die Menschen-Figur auswählt und zusammen mit den Affen-Figuren gruppiert. Auf die Frage, ob die Menschen zu den Menschenaffen bzw. Affen gehören, antworten die Grundschulkinder dann zum Beispiel: „*Eigentlich ja, der hat sich ja auch von den Affen abgewandelt. Deswegen auch*“ (B1, Abs. 95).

Nach der Vorstellung mehrerer Grundschulkinder (n=7) wird das Mensch-Affen-Verhältnis durch ein Verwandtschaftsverhältnis bestimmt, die »Affenverwandtschaft«: „*Der Mensch ist mit dem Affen auch verwandt*“ (B15, Abs. 144). Allerdings heißt das nicht, dass die Kinder auch davon ausgehen, dass die Menschen mit *allen* Affen verwandt sind und sich dabei eine evolutionäre Abstammungsgemeinschaft vorstellen. Zwar versteht eine Schülerin (B15) unter der Verwandtschaft eine auf Abstammung beruhende evolutionäre Verwandtschaft (Abstammungsverwandtschaft), beschränkt die Verwandtschaft zwischen Menschen und Affen aber auf die Verwandtschaft mit Gorilla und Schimpanse. Ein Verwandtschaftsverhältnis zwischen Mensch, Orang-Utan und Gibbon bestreitet sie (B15, Abs. 144), genauso wie die noch weitreichendere Verwandtschaft mit anderen Lebewesen bestritten wird:

> „Der stammt von den Affen ab (zeigt auf die Menschen-Figur) und dadurch sind die halt so ein bisschen verwandt, aber zum Beispiel die Giraffe ist mit dem Menschen nicht verwandt, weil er nicht aus so einer Giraffe stammt oder aus einem Dino oder aus dem Adler“ (B15, Abs. 150).

Allgemein ist festzustellen, dass die Befragten sehr unterschiedliche Vorstellungen von der Verwandtschaft der Lebewesen haben. Mehrere der befragten Grundschulkinder verbinden mit der evolutionären Verwandtschaft zunächst die eigene, familiäre Verwandtschaft“: „*Also verwandt, das kann ja sehr vieles bedeuten, weil zum Beispiel in der Familie sage ich, meine Tante ist mit mir verwandt oder meine Cousine*“ (B15, Abs. 150). Die Vorstellung der „Familienverwandtschaft“ wird von einigen Kindern auch explizit mit der Ähnlichkeit im Aussehen (Ähnlichkeitsverwandtschaft) in Verbindung gebracht:

> „Ich würde mal sagen, wenn meine Oma und ich meine Mama und mein Papa sind ja sowieso verwandt. Und sind die Affen, sie sehen ja manchmal gleich aus und dann

> sind sie halt verwandt. Sie sehen ja meistens immer so gleich aus, wie die zwei (zeigt auf die Gorilla-Figur und die Schimpansen-Figur), dann sind sie wahrscheinlich verwandt“ (B17, Abs. 133).

Mehrere Kinder verbinden die Verwandtschaft direkt mit der Entwicklung: „*Also über die Jahre sind die dann immer weiter verwandt sage ich jetzt mal [...] sehen gleich aus*“ (B13, Abs. 13). Ein anderes Grundschulkind erläutert:

> „Erst gab es Menschenaffen, die haben sich dann ja immer weiterentwickelt, also Menschenaffen, dann gab es, guck, durch die Menschenaffen ist ja dann ein brauner Affe entstanden (nimmt die Orang-Utan-Figur), deswegen geht das ja immer dann so weiter und durch den braunen Affen ist dann dieser Affe (nimmt die Gibbon-Figur) entstanden. Also sind die alle verwandt“ (B8, Abs. 139).

Die Alltagsvorstellung, dass Nachkommen ihre Merkmale jeweils zur Hälfte vom Vater und zur Hälfte von der Mutter haben, greift ein Grundschulkind auf und verbindet dieses Konzept mit der Vorstellung einer „Affen-Mensch-Mischform“. Der Grundschüler denkt dabei an einen Vorfahren, der körperlich genau zwischen den Menschen und den nicht-menschlichen Affen steht:

> „Also durch diese Abwandlung, eine Hälfte Mensch, eine Hälfte Affe und dann haben die sich ja abgewandelt und dadurch sind die trotzdem immer noch verwandt [...] 50 % Prozent Mensch, also eine Hälfte des Körpers, die andere Hälfte, also nochmal 50% Affen. [...] Na unter Verwandtschaft versteht man ja, dass das, eine Hälfte das, eine Hälfte das. (...) Das versteh ich unter Verwandtschaft“ (B1, Abs. 103-118).

Ein weiterer Grundschüler (B14) spricht ebenfalls von einem „Halbaffen“, bezieht sich dabei aber auf den heutigen Menschen. Die verwandtschaftliche „Affen-Essenz“ des Menschen liegt in dieser Vorstellung bei 98%: „*Das ist Halbaffe (zeigt auf die Menschen-Figur) [...] Der Mensch. Halb. Also 98% sind Affe und 2% sind nur Mensch*“ (B14, Abs. 111-113). Ein anderer Grundschüler, der nicht über die Vorstellungen einer Verwandtschaft von Menschen und Affen verfügt, versteht unter Verwandtschaft das gemeinsame Zusammenleben: „*Dass man zusammenlebt (...) ja zusammenlebt einfach*“ (B9, Abs. 125). In diesem Fall wird für die verwandtschaftliche Zusammengehörigkeit weder eine gemeinsame „innere Essenz“, noch Übereinstimmungen im Aussehen, noch eine Familienähnlichkeit vorausgesetzt.

Die Vorstellung über den »Menschen als Störenfried« lässt sich bei sechs der Befragten identifizieren (Tabelle 12). Bei dieser Vorstellung stört, bedroht bzw. gefährdet der Mensch seine nächsten Verwandten auf irgendeine Art und Weise. Ein Grundschulkind

gibt zum Beispiel an, dass die Menschen Jäger sind und schon „*viele Affen getötet haben*“ (B3, Abs. 117). Zwei Grundschulkinder weisen darauf hin, dass Menschen den Lebensraum von Affen zerstören, indem sie zum Beispiel „*Bäume fällen*“ (B14, Abs. 209) oder Ölpalmen anbauen: „*Also jetzt sind sie bedroht, weil zum Beispiel die Firma Nutella, die machen so viel Feld, also Palmöl bauen die an. Deswegen müssen die den Regenwald abholzen [...] Ja, finde ich schlecht. Deswegen mag ich auch kein Nutella*“ (B13, Abs. 175-179). Das Leben im Zoo bewertet ein Grundschüler als ein Leben in „Gefangenschaft“: „*Also in so Regenwäldern leben die alle und im Zoo, aber das ist in Gefangenschaft*“ (B14, Abs. 207). Das Leben im Urwald hingegen stellt sich eine Grundschülerin „idyllisch“, ohne den menschlichen Störfaktor, vor. Dort ist „*kein nerviger Mensch, der halt die ganze Zeit sie anguckt, ja, da haben sie einfach ihre Ruhe*“ (B7, Abs. 125).

Die Vorstellung, dass sich das Mensch-Affen-Verhältnis im Laufe der Zeit verändert hat, äußern fünf der befragten Grundschulkinder (Tabelle 12). Die Äußerung, dass der Mensch mal in der Vergangenheit zu den Affen gehörte, aber jetzt nicht mehr, steht exemplarisch für diese Vorstellung:

> „Also für mich WAR er einer, aber jetzt ist er ja keiner mehr, heute. Es ist ja der moderne Mensch [...] Also früher hat er auch für mich dann für die Affen, zu den Affen gezählt. Viele sagen ja, das sind immer noch unsere Vorfahren, sind sie ja auch, aber trotzdem, wie ich finde, sie zählen nicht mehr zu den Affen“ (B12, Abs. 109-113).

Verbunden mit der Vorstellung einer begrenzten, familiären Verwandtschaft findet sich der Vorstellungstyp auch in der folgenden Aussage: *„Halt so, die ersten Menschen glaub ich, die sind schon verwandt mit den Affen, aber halt wir jetzt nicht, weil das war ja schon 1000 Jahre (...) und so, ich denke dann nicht“* (B17, Abs. 271).

Zwei der befragten Grundschulkinder betrachten den Menschen und die nichtmenschlichen Affen als Säugetiere (Tabelle 12). Eine Grundschülerin, die über die Vorstellung »Menschen und Affen als Säugetiere« verfügt, gruppiert die Affen-Figuren zusammen mit der Menschen-Figur. Die Menschen werden in dieser Vorstellung also nicht von den Tieren abgegrenzt und herausgehoben, sondern als Säugetiere betrachtet. Die Grundschülerin bringt ihre Vorstellung wie folgt zum Ausdruck:

> „Säugetiere, das ist auch ein, ein Säugelebewesen (nimmt die Menschen-Figur) […] Und dann wenn die auf die Welt kommen (zeigt auf die ausgewählte Gruppe:

Giraffen-Figur, Gorilla-Figur, Orang-Utan-Figur, Schimpansen-Figur, Bonobo-Figur, Gibbon-Figur, Menschen-Figur), dann sind die halt schon, dann säugen die auch noch“ (B4, Abs. 67, 71).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Die Grundschulkindervorstellungen (Subkategorien) zum Mensch-Affen-Verhältnis liegen in unterschiedlichen Kombinationen vor (Abbildung 18). Die meisten der befragten Grundschulkinder (n=11) sehen die »Affen als menschenähnlichste Lebewesen« und weisen den Menschen eine » Sonderstellung« zu. In der Regel werden die beiden Vorstellungen noch mit anderen kombiniert (Abbildung 18).

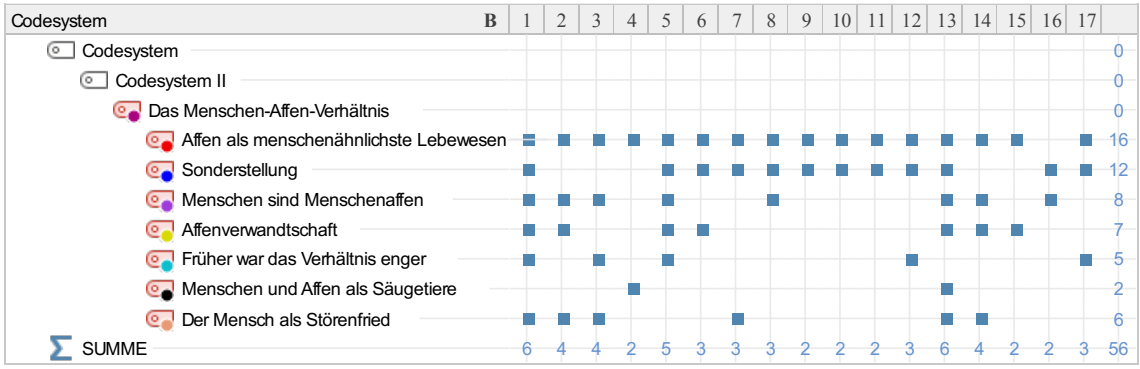


Abbildung 18: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Mensch-Affen-Verhältnis«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Nur insgesamt dreimal tritt die Codekonfiguration »Affen als menschenähnlichste Lebewesen + Sonderstellung« (B9, B10, B11) ohne einen weiteren Code auf (Abbildung 18), wobei es sich ausschließlich um Kinder der Probandengruppe mit muslimischen Sozialisationshintergrund handelt. Zweimal (B1, B13) werden insgesamt sechs Vorstellungen miteinander kombiniert. Folgende Äußerungen zeigen die teilweisen inkonsistenten Vorstellungen der Grundschulkinder zum Mensch-Affen-Verhältnis:

I: Sind denn Menschen auch Menschenaffen?
B13: Ja, eigentlich schon, aber sind halt keine Affen, aber Menschen.
I: (...) Sind keine Affen, meinst du?
B13: Ja, keine Affen.
I: Sind Menschen Tiere?
B13: Ja, Säugetiere.
I: Säugetiere?
B13: Ja, weil sie legen ja keine Eier. (B13, Abs. 118-125)

Für diesen Grundschüler (B13) sind die Menschen „*auf jeden Fall*“ mit den Menschenaffen (am meisten mit den Schimpansen) verwandt (B13, Abs. 155-157) und als »Säuge-

tiere« und »Menschenaffen« zu charakterisieren. Dennoch weist der Grundschüler den Menschen auch eine gewisse Abseits- und Sonderstellung zu, indem er betont, dass Menschen eben „*keine Affen, aber Menschen*“ sind.

7.1.2.2 Hauptkategorie: Ähnlichkeiten und Unterschiede beim Vergleich von Menschen und Affen

In Bezug darauf, welche Vorstellungen die Grundschulkinder zu den Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Menschen und nichtmenschlichen Affen haben, lassen sich unterschiedliche Subkategorien bilden. Zunächst werden die Kindervorstellungen zu den Ähnlichkeiten zwischen Menschen und Affen dargestellt (Tabelle 13).

Tabelle 13: Vorstellungen zu Ähnlichkeiten beim Affen-Menschen-Vergleich

Kategorie/Vorstellung	Anzahl der Kinder
Ähnlichkeiten im Aussehen	15
Ähnlichkeiten in der Fortbewegung/ Körperhaltung	9
Ähnlichkeiten in den kognitiven Fähigkeiten	6
Ähnlichkeiten im Verhalten	5
Ähnlichkeiten in der Ernährung	3

Vorstellungen zu den Ähnlichkeiten zwischen Menschen und Affen

Beim Vergleich von Menschen und den nichtmenschlichen Affen erwähnen nahezu alle Grundschulkinder (n=15) »Ähnlichkeiten im Aussehen«: „*Die Affen* [...] *die haben sehr viele Körperteile von uns, die wir Menschen auch haben*“ (B8, Abs. 92). Als Ähnlichkeiten zwischen Menschen und den Affen werden am häufigsten Gesichtsmerkmale (Augen, Ohren, Mund und Nase) und Merkmale der Extremitäten (vor allem die ähnlichen, fünffingrigen Hände) genannt: „*Mit den Händen sehen sie sich auch sehr ähnlich finde ich*“ (B12, Abs. 79). Seltener werden Ähnlichkeiten auf die Haare, Nägel, die Größe und die inneren Organe bezogen. Als Gemeinsamkeit nennt eine Grundschülerin (B15) den Blinddarm, den sie als ein rudimentäres Organ ansieht, welches die Affen (Schimpansen) mit den Menschen „verbindet“:

> „Und die sind halt dem Menschen sehr ähnlich. Sie haben Ohren, Beine, Bäuche, aber ich weiß noch, dass wir jetzt noch den Blinddarm haben, den brauchen wir aber jetzt nicht mehr, weil die Affen haben den früher gebraucht, weil sie ja Blätter und alles gefressen haben und damit sind wir halt verbunden, damit die Steine und so verdaut

> werden können bei denen. Aber wir brauchen den jetzt nicht mehr, weil wir nicht Blätter oder Steine essen, weil dadurch sind wir, ist das auch verbunden (zeigt auf die Schimpansen-Figur und die Menschen-Figur)“ (B15, Abs. 104).

Lediglich einmal wird (speziell auf die Menschenaffen bezogen) die Schwanzlosigkeit angesprochen: „*Weil das komische, sie haben keine Schwänze. [...] Weil sie Menschenaffen sind, also, weil Menschen haben ja auch kein Schwanz*“ (B2, Abs. 108-110).

Auch in der »Fortbewegungsweise« sehen mehr als die Hälfte (n=9) der befragten Grundschulkinder zwischen Menschen und Affen Ähnlichkeiten (Tabelle 13). Die Kinder erwähnen hierbei, dass Affen wie die Menschen auf „*zwei Beinen*“ stehen und laufen können. Auf die Frage worin sich die Menschen und Affen ähneln, antwortet eine Grundschülerin mit einer interessanten Beobachtung, die sie im Zoo gemacht hat:

> „Also ich finde, weil Affen, ich war mal in einem Zoo und da waren halt auch ganz viele Affen, da durften wir in so ein Affengehege gehen und da durftest du die füttern und die haben dir das halt auch so aus der Hand genommen und sind dann auch irgendwie immer so NORMAL gelaufen (steht auf und läuft kurz) und dann habe ich mir so gedacht, wie, also wenn die keine Haare hätten könnten sie ja fast wie ein Mensch sein und so habe ich mir das dann halt vorgestellt, dass das dann halt immer besser wird“ (B6, Abs. 92).

Ähnlichkeiten in den »kognitiven Fähigkeiten« zwischen Affen und Menschen werden von insgesamt sechs Grundschulkindern genannt (Tabelle 13). Mehrmals wird die Intelligenz der Affen betont: „*Der Affe ist ziemlich intelligent*“ (B3, Abs. 75). Eine Grundschülerin hebt hervor, dass die Affen „*richtig schlau*“ sind „*so wie wir Menschen*“ (B11, Abs. 101) und eine andere spricht beispielsweise davon, dass sie „*so viele Ideen haben wie wir Menschen*“ (B8, Abs. 121). Auch die Lernfähigkeit der Affen wird außerordentlich hoch eingeschätzt, was durch folgende Äußerung deutlich wird: „*Wenn man einem Affen beibringen würde, würden die auch Autofahren können*“ (B14, Abs. 152). Bei den »Verhaltensähnlichkeiten« nennen die Grundschulkinder (n=6) unter anderem, dass Affen „*Unsinn*“ machen (B16, Abs. 193), „*Sachen betätigen*“ (B3, Abs. 75) und mit ihren Händen „*greifen wie die Menschen*“ (B13, Abs. 85). In Bezug auf Letzteres werden teilweise komplexe Verhaltensweisen wie der Werkzeuggebrauch genannt:

> „Ähnelt auch so Schimpansen, weil die haben auch so ein Stock als Werkzeug und so (...). Sonst fällt mir kein Tier ein, dass das so ähnlich benutzt außer Affen. [...] Die benutzen auch Stöcke und sowas aus Bäume zu schlagen oder so“ (B14, Abs. 119, 123).

Auch das Termitenangeln und das Nüsse knacken mit Steinwerkzeugen wird angesprochen:

> „Die hauen so mit Stöcken in Steine herein, um Termiten zu holen oder mit Steinen machen die irgendetwas, um auf Nüsse aufzuknacken [...] Ich finde die Schimpansen halt ganz interessant, weil die so ähnlich leben wie wir, also die knacken Nüsse mit Steinen, ja halt, die nutzen auch solche Naturmaterialien genau wie Menschen. Gut wir haben so ein paar Extras wie Messer und Gabeln, aber ähnlich sind die schon" (B14, Abs. 151, 205).

»Ähnlichkeiten in der Ernährung« werden von nur drei der befragten Grundschulkinder genannt. Hier werden vor allem Bananen erwähnt, die sowohl die Menschen als auch die Affen essen: „*Die essen auch ungefähr auch so wie wir zum Beispiel Bananen, essen auch die Menschen, aber bei den anderen Tieren weiß ich es nicht, ob die sowas essen*" (B11, Abs. 85). Die Grundschulkinder stellen sich die Affen als reine Vegetarier vor: „*Ich glaube, die haben auch nur Pflanzen gefressen und Beeren; wir essen jetzt auch Fleisch und (...) aber wir essen ja auch Beeren und Bananen, Äpfel*" (B15, Abs. 120).

Vorstellungen zu den Unterschieden zwischen Menschen und Affen

Die befragten Grundschulkinder sehen nicht nur Gemeinsamkeiten, sondern auch Unterschiede zwischen den nicht-menschlichen Affen und Menschen (Tabelle 14).

Tabelle 14: Vorstellungen zu den Unterschieden beim Affen-Menschen-Vergleich

Kategorie/Vorstellung	Anzahl der Kinder
Unterschiede im Aussehen	13
Kulturelle Leistungen als Unterschiede	8
Menschliche Sprach- und Redefähigkeit als Unterschied	6
Unterschiede in der Fortbewegung/ Körperhaltung	6
Unterschiede in den kognitiven Fähigkeiten	5
Keine besonderen Unterschiede	3
Sonstige Unterschiede (Verhalten, Stärke, Wille)	3

Am häufigsten (n=13) werden »Unterschiede im Aussehen« genannt: „*Der Mensch sieht nicht so aus*" (B9, Abs. 117). Die meisten Grundschulkinder heben das Fell und die starke Haarigkeit der Affen im Vergleich zu den Menschen hervor: „*Wir haben kein Fell*" (B4, Abs. 81). Zwei Kinder (B9, B17) geben an, dass sich die Haut bzw. Hautfarbe zwischen

Menschen und Affen unterscheidet. Einige Kinder vergleichen die Füße von Menschen und Affen miteinander und nennen Unterschiede. Zum Beispiel wird erwähnt, dass die Menschen „*normale Füße*“ (B5, Abs.149) hätten; andere Kinder stellen heraus, dass die Affen „*so etwas wie Hände*“ an den Füßen besitzen (B4, Abs. 83) oder sich diese durch „*viel größere Füße*“ auszeichnen würden (B15, Abs. 120). Auch Gesichtsunterschiede werden genannt, zum Beispiel, dass die Menschen „*kleinere Nasenlöcher*“ als die Affen haben (B16, Abs. 359) oder einen anderen Mund bzw. eine andere Schnauze: „*Die haben, sage ich mal, so eine andere Schnauze (...) die ist halt, da ist das halt ein bisschen weiter vorne und da sind auch die Nasenlöcher so dran. Bei uns ist das halt ganz anders*“ (B15, Abs. 140).

Am zweithäufigsten (n=8) nennen die befragten Grundschulkinder »Kulturleistungen« als Unterschiede zwischen Menschen und den nichtmenschlichen Affen (Tabelle 14). Hier werden zum Beispiel speziell vom Menschen geschaffene Gebäude genannt: „*Ja, die Menschen haben ganz viele Sachen gemacht, zum Beispiel dieses Haus hier und oder sie haben Fabriken gebaut und Elektronik erfunden und so. Sowas halt*“ (B3, Abs. 79). Viele Kinder sprechen auch von der menschlichen Bekleidung, die den Menschen vom „nackten Affen“ unterscheidet:

> „Zum Beispiel die Affen, die ziehen ja keine Klamotten an, die sind einfach splitternackt, die Menschen, die schämen sich, wenn die splitternackt rausgehen müssen, haben die Klamotten“ (B 16, Abs. 359).

Mehrere Grundschulkinder (n=6) äußern die Vorstellung, dass die nichtmenschlichen Affen im Vergleich zu den Menschen nicht fähig seien zu sprechen bzw. zu reden: „*Wir können reden, die nicht*“ (B11, Abs. 91) oder „*der Mensch kann sprechen und die anderen nicht*“ (B13, Abs. 101). Unterschiede in der »Fortbewegungsweise/Körperhaltung« zwischen Menschen und Affen erwähnen sechs der befragten Grundschulkinder (Tabelle 14). Innerhalb dieser Vorstellung laufen die Menschen „*aufrecht*“ (B14, Abs. 127) bzw. „*ganz normal*“ und „*nicht so wie die Affen so (r)unten*“ (B5, Abs. 147). Die Menschen werden als Zweibeiner und die Affen als Vierbeiner betrachtet: „*Die laufen auf zwei, hauptsächlich auf zwei Beinen (...) und die Affen die laufen ja meistens auch mit den Armen, die laufen meistens auf vier Beinen sozusagen*“ (B1, Abs. 85). Als Unterschied in der Fortbewegungsweise wird auch das Klettern an Bäumen erwähnt:

> „Die Affen sind ja andauernd an, die klettern ja an Bäumen und die Menschen klettern ja nicht; wir laufen ja auf dem Boden. Manchmal klettern vielleicht Kinder so ein

> bisschen hoch, aber sonst eigentlich nicht (...) oder falls mal ein Ball irgendwo so hinfällt“ (B17, Abs. 77).

Einige Grundschulkinder (n=5) äußern Unterschiede in den »kognitiven Fähigkeiten« zwischen Menschen und Affen (Tabelle 14). Die Grundschulkinder stellen den menschlichen „Verstand“ (B16) und die „Intelligenz“ (B12) der Menschen heraus (z.B. „*der Mensch ist intelligenter*“; B3, Abs. 93).

Drei Grundschulkinder relativieren die Unterschiede zwischen Menschen und den Affen (»keine besonderen Unterschiede«). Auf die Frage, ob die Menschen etwas Besonderes im Vergleich zu den Affen haben, antwortet ein Kind beispielsweise: „*So weit ich weiß nicht, also, dass er sprechen kann. Das ist aber kein Unterschied. Papageien können auch sprechen, also plappern alles nach“* (B14, Abs. 125). Menschen werden innerhalb dieser Vorstellung „*praktisch wie Affen*“ angesehen (B14, Abs. 127).

Jeweils nur einmal wird die Stärke („*der Mensch ist [...] nicht mehr so stark wie die Affen*“ B3, Abs. 93), das Verhalten („*er verhält sich ein bisschen anders*“ B14, Abs. 135) und der eigene Wille als Unterschied zwischen Menschen und Affen geäußert:

> „Wir dürfen selber bestimmen, also wir haben einen eigenen Willen. Also zum Beispiel, wir können (unverständlich) gehen und in die Schule und die Affen nicht, die müssen entweder in der Wildnis sein oder in ihrem Gehege und rumklettern und essen suchen, mehr nicht“ (B16, Abs. 161).

Diese sehr selten vorkommenden Vorstellungen werden in der Kategorie »sonstige Unterschiede« zusammengefasst (Tabelle 14).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Werden die Vorstellungen zur den »Ähnlichkeiten« zwischen Menschen und nichtmenschlichen Affen im Code-Matrix-Browser betrachtet, fällt auf, dass einige Kinder (n=4) ausschließlich »Ähnlichkeiten im Aussehen« äußern, während elf Kinder zusätzlich mindestens noch einen anderen Ähnlichkeitsaspekt ansprechen (Abbildung 19).

Am häufigsten werde »Ähnlichkeiten im Aussehen« und »Ähnlichkeiten in der Fortbewegung« miteinander kombiniert (n=8), die sich zudem in sechs Fällen im Code-Relations-Browser überschneiden (Anhang III, B). Die vier Grundschulkinder B3, B11, B15 und B16 haben die differenziertesten Vorstellungen zu den Ähnlichkeiten zwischen Menschen und Affen. Sie äußern und kombinieren Vorstellungen zu vier der fünf

Ähnlichkeitsaspekte (Abbildung 19). Werden die Vorstellungen zu den »Unterschieden« zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen im Code-Matrix-Browser betrachtet, zeigt sich, dass der überwiegende Anteil der befragten Kinder (n=13) verschiedene Unterschiede ansprechen. Lediglich zwei Grundschulkinder geben »Unterschiede im Aussehen« an, ohne auch andere Unterschiede zu nennen (Abbildung 15). Kombiniert treten am häufigsten (n=7) die Codes »Unterschiede im Aussehen« und »kulturelle Leistungen« der Menschen miteinander auf (Abbildung 19).

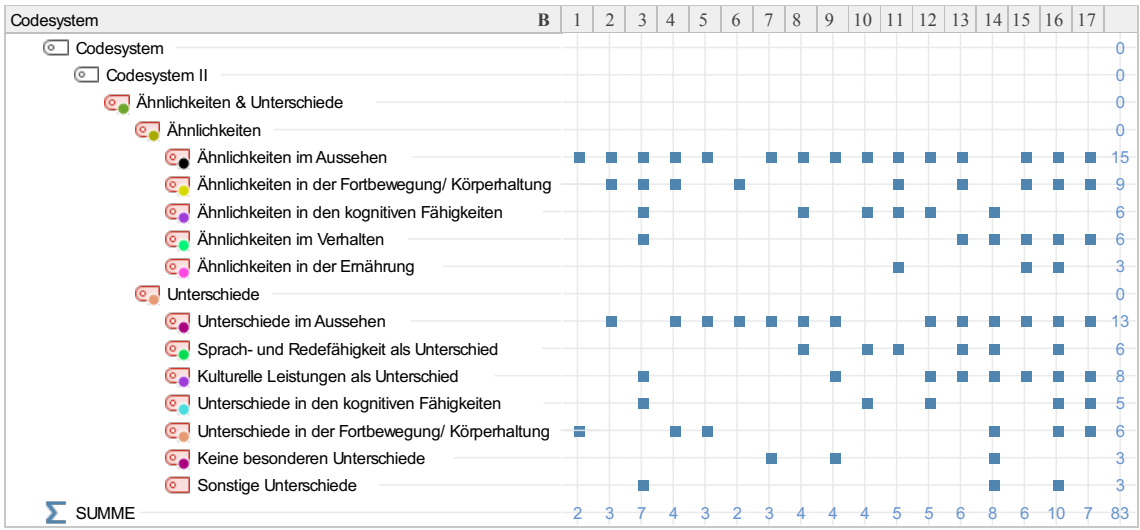


Abbildung 19: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Menschen & Affen«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Werden die Zusammenhänge zwischen den Vorstellungen zu den »Ähnlichkeiten« und »Unterschieden« zwischen Menschen und Affen näher untersucht, lässt sich zunächst feststellen, dass die meisten Grundschulkinder (n=11) sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterscheide im Aussehen äußern (Abbildung 19). Mehrere Grundschulkinder (B3, B13, B15, B16, B17) sehen Ähnlichkeiten im Aussehen, in der Fortbewegung und im Verhalten und heben als Unterschied die »kulturellen Leistungen der Menschen« hervor (Abbildung 19). Drei Kinder nennen sowohl »kognitive Ähnlichkeiten« als auch »kognitive Unterschiede« zwischen Menschen und Affen. Diese Codekombination soll durch die Aussagen eines Grundschülers mit muslimischen Sozialisationshintergrund verdeutlicht werden. Einerseits stellt dieser fest:

> „Also die Menschen, die können ja reden, haben, können, sind sehr schlau, aber die Affen sind nicht so schlau. Also wenn man sie zum Beispiel 1+1 beibringen wollte, verstehen sie gar nichts. Sie machen nur kritzelkratza“ (B10, Abs. 99).

Andererseits erkennt der gleiche Grundschüler auch, dass Menschenaffen (Schimpansen und Gorillas), die ihm im Zoo begegneten, teilweise bemerkenswerte sozial-kognitive Fähigkeiten haben. Er deutet seine Beobachtungen so, dass die Affen seine Handlungen „verstehen“ und „lernen“ können:

> „Ich war mal im Zoo und da war, ein Chimpanzee (Englisch) gesehen, haben wir so gemacht (winkt mir zu), da machte er irgendwie auch so, also er hat es irgendwie gelernt, versteht es, was ich eben mein. [...] Ja, also ich wollte ihm „Hallo“ sagen, also so (winkt), dann versteht der mich, dass ich ihm (unverständlich), also, dass ich ihm winke und dann macht er auch das Gleiche, sonst würde er es ja nicht machen. Ich habe mal ein Gorilla gesehen, (der?) war ein bisschen faul und da habe ich so gemacht (bewegt seinen Kopf), da hat er auch so“ (B10, Abs. 151-153).

7.1.2.3 Hauptkategorie: Variation am Beispiel der Schimpansen

In diesem Abschnitt sind folgende Fragen leitend: Gruppieren Grundschulkinder Schimpansen prototypisch oder eher variativ? Wie genau beschreiben die Grundschulkinder die Variation am Beispiel der Schimpansen? Und falls Kinder von einer Variation ausgehen, wie werden die Unterschiede zwischen Schimpansen erklärt und bewertet?

Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob Grundschulkinder sich eine Population von Schimpansen eher variativ oder typologisch vorstellen und welche grundlegenden Vorstellungen die Kinder zu Unterschieden zwischen Schimpansen haben, wurde die Auswahl von Schimpansen-Bildkarten (*Pan troglodytes*) und die damit verbundenen Beschreibungen, Begründungen und Bewertungen kategorienbasiert ausgewertet.

Bildkartenauswahl der Schimpansen

Die Grundschulkinder sollten sich zunächst eine Schimpansenpopulation in ihrem natürlichen Lebensraum vorstellen. Daraufhin wurden die Kinder gebeten, aus insgesamt 16 Bildkarten eine Gruppe von vier Schimpansen gemäß ihrer Vorstellung auszuwählen. Bei der Bildkartenauswahl konnten die Kinder gleiche Schimpansen (»typologische Auswahl«) oder aber unterschiedliche Schimpansen (»variative Auswahl«) in eine Vorlage legen. Zwei Subkategorien differenzieren die »variative Auswahl« der Bildkarten: Die *trichotome* (drei unterschiedliche Schimpansen) und die *maximal variative* Auswahl (vier unterschiedliche Schimpansen) (Abbildung 20). Überdies war eine »dichotome Auswahl« möglich, die hier weder als *typologisch* noch als *variativ* bewertet wird. Die Auswahl wird als *dichotom* betrachtet, wenn zwei unterschiedliche und zwei gleiche Schimpansen gewählt wurden (Abbildung 20).

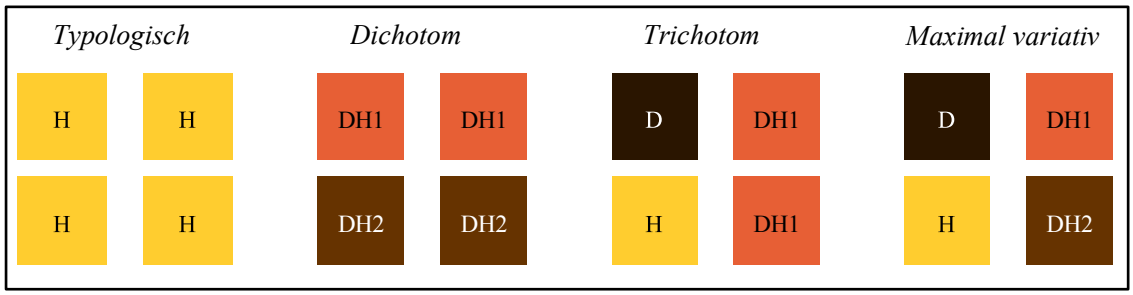


Abbildung 20: Kategorien der Schimpansen-Bildkartenauswahl. D: Dunkle Variante, H: Helle Variante, DH1/DH2: Zwei verschiedene intermediäre hell-dunkel Varianten.

Die Ergebnisse der Bildkartenauswahl zeigen, dass die Mehrheit der interviewten Grundschulkinder (n=11) eine variative Auswahl trafen (Tabelle 15). Davon legten sechs Kinder vier unterschiedliche und fünf Kinder drei unterschiedliche Schimpansen-Bildkarten in die Vorlage (Tabelle 15).

Vier gleiche Schimpansen wurden von fünf Grundschulkindern gewählt. Dabei stellten sich vier der fünf Kinder einen hellen Typus (H) vor. Nur drei Grundschulkinder stellten sich eine Schimpansen-Gruppe aus zwei gleichen und zwei unterschiedlichen Schimpansen vor (Tabelle 15). Kein Proband legte drei gleiche Schimpansen, weshalb diese Auswahlkategorie nicht in Abbildung 20 mitaufgenommen wurde. Das Grundschulkind B10 suchte die vier Schimpansen sehr schwankend aus und veränderte seine Auswahl mehrere Male (trichotome, dichotome, typologische Auswahl), weshalb in diesem Fall eine Mehrfachcodierung vorliegt.

Tabelle 15: Die Auswahl der Schimpansen-Bildkarten

Kategorie/ Vorstellung	**Anzahl der Kinder**
Typologische Auswahl	5
Dichotome Auswahl	3
Variative Auswahl	11
a) Trichotome Auswahl	5
a) Maximal variative Auswahl	6

Beschreibungen der Schimpansen während und nach der Bildkartenauswahl

Die Äußerungen der Kinder während des Auswahlprozesses sowie die Antworten auf Nachfragen, die nach der Auswahl gestellt wurden, lassen sich, je nachdem wie das

Grundschulkind die Schimpansen beschreibt, als *typologisch* und/oder *variativ* codieren (Tabelle 16). Bei elf der befragten Kinder ist ein »typologisches Denken« feststellbar. Viele typologische Äußerungen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Grundschulkinder die Schimpansen verallgemeinernd mit typischen Merkmalen beschreiben: „*Schimpansen [...] haben ja schwarze Haare und keine grauen Haare*“ (B1, Abs. 164) oder *„also, weil ich mir vorstelle, dass die Schimpansen so helle Gesichter haben und nicht so dunkle hier, auch nicht so (nimmt die Bildkarte DH1), also zweifarbige so“* (B4, Abs. 136). Bei den typologischen Beschreibungen wird die Variabilität von (bestimmten) Schimpansenmerkmalen außer Acht gelassen oder ganz negiert: *„Also die haben immer die gleiche Form des Gesichts. Das muss man sagen. [...] Ja, die Nasenform kann sich nicht unterscheiden, die Mundform auch nicht“* (B7, Abs. 163, 165). Bei einigen Kindern ist die Tendenz zur Mittelwertbildung erkennbar. Ein Kind spricht von „klassischen“ Vertretern: *„Im Stamm sind etwa alle gleich, aber es gibt auch, der Klassische, wie ich ihn mir vorstelle, ist halt so (zeigt auf die Bildkarte H)“* (B14, Abs. 243).

Tabelle 16: Typologische und variative Beschreibungen der Schimpansen

Kategorie/ Vorstellung	**Anzahl der Kinder**
Typologische Beschreibung	11
Variative Beschreibung	17

Eine Grundschülerin (B5) ordnet die 16 Schimpansen anhand der Unterschiede in vier verschiedene Gruppen ein. In dieser Vorstellung bilden die vier *dunklen* Schimpansen (D) den „Gorilla-Typ“, während alle *hellen* Schimpansen (H) zum „Affen-Typ“ gezählt werden. Und die intermediären Schimpansen (DH2) gruppiert die Grundschülerin zum „Menschenaffen-Typ“. Nur die hell-dunkle Schimpansen-Varianten (DH1) werden als Schimpansen angesehen:

> „Wie gesagt, die gehören erstmal nicht zu den Schimpansen, weil das sind Gorilla (zeigt auf die vier Bildkarten D)[...] das hier, das war ein Affe (zeigt auf die vier Bildkarten H), weil die haben viel hellere Haut als ein Schimpanse [...] und da denk ich mal eher, dass das ein Menschenaffe ist (zeigt auf die vier Bildkarten DH2)“ (B5, Abs. 253-255).

Auch typologische Entwicklungsstadien werden gebildet (H → DH1→ DH2 → D), wobei *gleichaltrige* Schimpansen als *gleichartig* beschrieben werden (B8, Abs. 185-187). Bei allen befragten Grundschulkindern sind auch variative Beschreibungen identifizierbar

(Tabelle 16). Zum Beispiel: „*Also es sind ja alles Schimpansen, aber jeder Schimpanse sieht ja anders aus"* (B16, Abs. 254). Ein anderes Grundschulkind stellt in Bezug auf die Bildkartenauswahl klar:

> „Also, ich finde es halt, ich finde es halt blöd, wenn ich jetzt zum Beispiel die vier legen würde (zeigt auf vier Bildkarten D) oder die vier (zeigt auf vier Bildkarten H), weil es kann irgendwie nicht angehen, dass alle Schimpansen gleich aussehen, weil ich denke, die sind ja nicht alle so Tausendlinge oder so (lacht) und ja, deswegen sollte halt jeder anders sein" (B6, Abs. 144).

Mehrere der befragten Grundschulkinder betonen die „kleinen" Unterschiede zwischen den Schimpansen. Sie stellen sich leicht voneinander abweichende Individuen vor, wie es die zwei folgenden Äußerungen exemplarisch zeigen: „*Da sind meisten, manchmal GANZ KLEINE Unterschiede, die sie dann unterscheiden*" (B1, Abs. 152). „*Ja, die sehen alle ein bisschen anders aus, aber auch nicht ganz ganz ganz unterschiedlich"* (B4, Abs. 142).

Begründungen und Erklärungen zur Variation bei Schimpansen

Zur Begründung der Variation werden verschiedene Begründungen und Erklärungen gegeben (Tabelle 17). Die Mehrheit der befragten Grundschulkinder verweist auf die »Variation bei den Menschen«:

> „Weil, jeder Mensch sieht ja auch nicht gleich im Gesicht aus. Zum Beispiel: Ich sehe nicht aus wie meine Mama, doch, schon ein bisschen, aber ich sehe nicht aus wie meine Freundin" (B15, Abs. 181).

Nahezu gleichlautend begründet auch ein anderes Grundschulkind das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen:

> „Weil jeder von uns Menschen ist, hat ja ein anderes Gesicht oder ein paar andere Körperteile, also sehen anders aus oder eine andere Nase, oder manche Ohren stehen halt ab oder sehn ganz, ja, das ist bei den Tieren auch so, denk ich mir so" (B8, Abs. 193).

Hingegen wurde in allen Interviews nur einmal auf ein anderes Lebewesen verwiesen: „*Das ist wie mit Amseln. Die sehen auch nicht alle gleich aus*" (B12, Abs. 167).

Am zweithäufigsten geben die Kinder an, dass die »Variation durch die Eltern/Geburt« entsteht (Tabelle 17): „*Ja, das kommt halt von den Eltern, von den Schimpansen, und manche Eltern sind dunkler, manche sind heller"* (B7, Abs. 149). Ähnlich auch folgende

Äußerung: „*Weil es ja verschiedene (...) Schimpansen gibt. Die sind ja anders geboren*“ (B9, Abs. 149). Zu den Ursachen der Unterschiede spricht eins der befragten Grundschulkinder sogar die „*Gene*“ und die „*DNA*“ an:

> **B15**: Wenn ein neuer Affe geboren wird, dann sieht er ja nicht aus wie alle anderen, sag ich mal so, da sind halt zwei Gene, das sieht halt dann anders aus. Dann entsteht ein neues Leben und (...) ja dann zum Beispiel, wenn jetzt ein Baby geboren wird das sieht auch nicht so aus wie die Eltern oder so direkt so aus.
> **I**: Mhm (bejahend) ok und du hast gerade „Gene“ gesagt, habe ich das richtig gehört? Wo hast du das schon einmal gehört?
> **B15**: Weiß ich nicht, aber.
> **I**: Ok und was verstehst du unter einem Gen?
> **B15**: Das ist ein, das ist so wie, wie soll ich das sagen, die DNA, da ist zum Beispiel eine Hautschuppe von mir, ist meine DNA in meinen Haaren auch, in einem Haar nur. Die Gene, wie soll ich das jetzt sagen, ich weiß das nicht genau. (B15, Abs. 201-205)

Die Variation wird von drei Grundschulkindern auf die Veränderungen, die während der »Individualentwicklung« zu beobachten sind, zurückgeführt (Tabelle 17). Zum Beispiel:

> „Also ich denke mir vor dem Anfang sind sie zum Beispiel einfach ganz schwarz, ja (nimmt zwei nicht-gewählte Bildkarten D) und der eine wird halt so (zeigt auf die gewählte Bildkarte DH1) und also entwickelt sich mit einer anderen Farbe so und der andere entwickelt sich halt oben hell (zeigt auf die gewählte Bildkarte DH2) und wird dann, entwickelt sich halt andersrum, so würde ich das nehmen“ (B6, Abs. 134).

Tabelle 17: Begründungen und Erklärungen zur Variation bei Schimpansen

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl der Kinder
Verweis auf die Variation bei Menschen	10
Verweis auf die Variation bei anderen Lebewesen	1
Variation durch die Eltern/Geburt	8
Variation während der Individualentwicklung	3
Keine Erklärung	7

Bei sieben Grundschulkindern ist keine Erklärung bezüglich der Variation identifizierbar (Tabelle 17). Zwei Kinder (B12, B13) verweisen zwar auf die Variation bei Menschen bzw. Amseln, geben aber auch an, dass sie sich die Unterschiede zwischen den Individuen nicht erklären können: „*Wie es dazu kommt, das kann ich nicht beantworten*“ (B12, Abs. 177). Ein Kind (B2) gibt lediglich an, dass die Unterschiede „*von Natur her*“ so sind, was nicht als Erklärung codiert wurde.

Bewertung der Varianten

Die voneinander abweichenden Individuen (Varianten) werden von den befragten Kindern zum Teil unterschiedlich bewertet (Tabelle 18). Unter anderem werden Varianten als »Ausreißer« angesehen. In dieser Vorstellung werden nur einige wenige Individuen der Population als einzigartig betrachtet: „*Nur manche haben dann halt ein paar Änderungen so wie ein Muttermal oder ein anderes Fell oder sowas*“ B8, Abs. 191). Die Varianten werden quasi als vom „Idealtypus“ abweichend klassifiziert. Einige Grundschulkinder (=4) bewerten (manche) Varianten auch als fehlgebildet oder behindert, zum Beispiel: „*Weil vielleicht, passiert, vielleicht hat er ja eine BEHINDERUNG oder sowas, das gibt es ja bei Menschen auch manchmal“* (B1, Abs. 170). Ein „abweichendes“ Erscheinungsbild wird insbesondere dann als nachteilig bzw. schädlich angesehen, wenn der „Mutant“ stark vom gedanklichen Arttypus abweicht (z.B. ein „weißer Schimpanse“). Varianten werden auch als »Mischungen (Hybride)« eingestuft. Diese Vorstellung wird allerdings nur von einem Grundschulkind geäußert: *„Also ich finde, der ähnelt den Schimpansen, aber sieht auch gleichzeitig aus wie ein Gorilla. So ein kleiner Mischmasch*“ (B12, Abs. 191). Manchmal werden bestimmte Varianten, vor allem wenn sie zu stark voneinander abweichen, als verschiedene Arten angesehen (»Varianten als andere Arten«):

> „Die sehen wie Chimpanzees (Englisch) aus und der Gorilla (nimmt die Bildkarte D) hat ja immer so ein dunklen Kopf und der da auch (zeigt auf eine weitere Bildkarte D), aber den da (nimmt die Bildkarte DH2), ich kenne dieses Art nicht, weil der hat, Chimpanzees haben nicht so Augen, also Nasen“ (B10, Abs. 205).

Mehrere Kinder (B5, B10, B11, B13, B15) haben Schwierigkeiten die dunklen Schimpansen (D) als eine Schimpansen-Varianten zu betrachten.

Tabelle 18: Bewertungen der Varianten

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl der Grundschulkinder
Varianten als Ausreißer	6
Varianten als andere Arten	5
Varianten als Defekte	4
Begrenzte Variation	2
Varianten als Mischungen (Hybride)	1

Noch größere Schwierigkeiten treten bei der Einordnung der weißen Schimpansen-Variante (A) auf, welche den Kindern im weiteren Verlauf des Interviews (in Form einer Bildkarte) gezeigt wurde. Die Bildkarte zeigt den ersten gefilmten weißen Schimpansen namens „Pinkie“ aus dem Dokumentarfilm „Forest of Hope“ (Tacugama Chimpanzee Sanctuary). Über die Hälfte der befragten Kinder (n=8) bewerten die Mutante mit weißem Fell und einem blauen Auge als *nicht* zu den Schimpansen gehörend. Sechs Kinder halten es lediglich für möglich, dass der weiße Schimpanse zu den Schimpansen gehört, und nur drei Kinder sehen in der Mutante einen Schimpansen mit andersartigen Merkmalen. Bezogen auf die „Veränderung“ äußert eine Grundschülerin: „*Ne die Augen können sich nicht so verändern. [...] Weil (...) das nicht geht [...] Weil das dann komisch aussieht*“ (B9, Abs. Abs. 165-169). Bestimmte Veränderungen werden für unmöglich gehalten (»Eingeschränktheit der Variation«).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Vergleicht man die »Schimpansen-Bildkartenauswahl« und die »Beschreibungen der Schimpansen« miteinander, ist feststellbar, dass der überwiegende Anteilteil der befragten Grundschulkinder (n=13) keine klare Präferenz zeigt, weder zum typologischen Denken noch zum Variationsdenken (Abbildung 21).

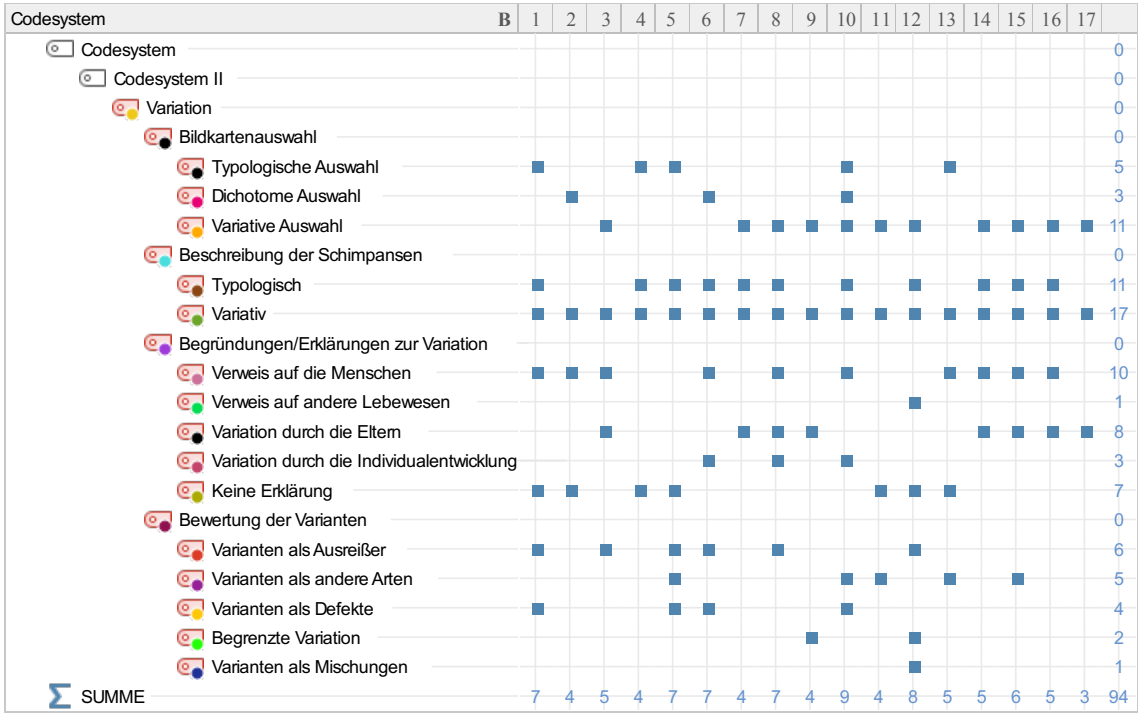


Abbildung 21: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Variation am Beispiel der Schimpansen«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Nur insgesamt vier der befragten Grundschulkinder wählen die Bildkarten variativ aus und beschreiben die Schimpansen dann auch *ausschließlich* variativ (Abbildung 21). Außerdem sticht heraus, dass kein Grundschulkind die Schimpansen typologisch auswählt und die prototypische Auswahl dann auch tatsächlich für real erachtet. Also, selbst wenn die Bildkartenauswahl zunächst typologisch ist (n=5), werden Schimpansen im Interviewgespräch unterschiedlich beschrieben und nicht mit identischen Merkmalsausprägungen gedacht. Dabei schenken die befragten Kinder besonders kleinen Unterschieden ihre Aufmerksamkeit.

Die innerartliche Variation wird im Alltag der Kinder vor allem an den Menschen selbst wahrgenommen und von mehreren Kindern offenbar relativ mühelos auf die Schimpansen übertragen. Selbst Kinder, die eine prototypische Auswahl treffen, verfügen also keineswegs über starre typologische Vorstellungen. Zu beachten ist allerdings auch, dass, obwohl alle Grundschulkinder prinzipiell von einer Unterschiedlichkeit im Aussehen ausgehen, mehr als die Hälfte der Grundschulkinder, darunter auch einige Kinder, die die Bildkarten variativ ausgewählt haben, zumindest teilweise auf typologische Beschreibungen zurückgreifen. Die vielfältigen Codekonfigurationen (Abbildung 21), einschließlich der Bewertungen (z.B. Varianten als Ausreißer), zeigen, dass das Variationsdenken häufig mit einem typologischen Denken verwoben ist und nicht von einem fachlich ausgereiften Variationsverständnis gesprochen werden kann.

7.1.2.4 Hauptkategorie: Die Herkunft der Menschen

Beginnend mit den Kindervorstellungen zu den ersten Menschen stehen im Folgenden die Kindervorstellungen zur Frage nach der Herkunft der Menschen im Vordergrund.

Kindervorstellungen zu den ersten Menschen

Sieben der befragten Grundschulkinder nennen »mythologische Figuren« als erste Menschen (Tabelle 19). Hier werden insbesondere „*Adam und Eva*“ als erstes Menschenpaar angeführt. Eine Grundschülerin mit muslimischen Sozialisationshintergrund spricht von „*Adam und Hawa*“ als erstes Menschenpaar, wobei „*Hawa*“ („*Ḥawwā'*“) die Urfrau darstellt: „*Also als erstes war der Mann, der Adam, und danach die Hawa. Das war nur seine Frau, damit der nicht alleine lebt'*“ (B16, Abs. 327). Abweichend davon spricht ein anderes Grundschulkind neben „*Adam und Eva*“ auch von „*Hawa und Eva*“, wobei „*Hawa*“ männlich gezeichnet und beschrieben wird („*der Hawa*“

B9, Abs. 193). In der Regel betrachten die befragten Grundschulkinder den Mann („*Adam*“) als ersten Mensch: „*Also ich stell es mir so vor, Adam. Also zuerst Adam und dann auch Eva*“ (B6, Abs. 167). Eine Ausnahme bildet eine Grundschülerin (B7), die eine große, kräftige Frau namens „*Eva*“ an den Anfang stellt, die im Dschungel mit einem kleineren Mann namens „Tom“ eine „glückliche Beziehung“ führte. Die Urfrau „*Eva*“ starb, weil sie mit 18 Jahren einen „*giftigen Apfel*“ aß (B7, Abs. 2-45).

Tabelle 19: Kindervorstellungen zu den ersten Menschen

Kategorie/ Vorstellung	**Anzahl der Grundschulkinder**
Mythologische Figuren	7
Steinzeitmenschen	13

Mehr als die Hälfte der Grundschulkinder (n=13) nennen »Steinzeitmenschen« als die ersten Menschen oder beschreiben die ersten Menschen mit Eigenschaften der Steinzeitmenschen (Tabelle 20). In Bezug auf den Lebensraum der ersten Menschen wird von einigen befragten Kindern (B6, B8, B15) die Vorstellung geäußert, dass die ersten Menschen in Höhlen lebten. Eine Schülerin bezeichnet die ersten Menschen explizit als „*Höhlenmenschen*“ (B15, Abs. 219). Namentlich werden mehrmals die „*Neandertaler*“ genannt (B1, B2, B3, B12, B14). Zwei der befragten Kinder setzten die Neandertaler mit den ersten Menschen gleich („*Neandertaler. So hießen, soweit ich weiß, die ersten*“; B14, Abs. 295). Ein Kind (B1) stellt sich den „*Homo Neandertaler*“ als Vorfahren der ersten Menschen vor und geht von der Koexistenz der Menschen mit Neandertalern aus, wobei die Menschen die Neandertaler vertrieben und zum Aussterben gebracht haben sollen (B1, Abs. 109). Andere Kinder gehen wiederum von affenähnlichen Prä-Neandertalern aus: „*Ich glaub der erste Mensch hatte noch Fell und (...) danach kamen die Neandertaler*“ (B2, Abs. 155). Mehrere Kinder betrachten die ersten Menschen eher affenähnlich als menschenähnlich: „*Also sie waren auch auf allen vieren, hatten auch Fell, also so ein bisschen haarig [...] und die sahen halt noch richtig aus wie Affen“*(B13, Abs. 247, 251). Während mehrere Kinder die Affenähnlichkeit der ersten Menschen herausstellen, steht bei anderen Kinder die Menschenähnlichkeit im Vordergrund (Tabelle 20). Nicht wenige der befragten Grundschulkinder stellen sich die ersten Menschen als außerordentliche geschickte »Kulturmenschen« vor (Tabelle 20). So werden Fähigkeiten und Fertigkeiten wie das Bauen von komplexen Behausungen, die Beherrschung des Feuers, das Herstellen von Kleidung oder die Verwendung von

Speerwaffen bereits als wesentliche Merkmale der allerersten Menschen angesehen (Tabelle 20).

Demgegenüber werden Merkmale wie der aufrechte Gang, der aus der Fachperspektive bereits bei den Vor- und Urmenschen evolvierte, von mehreren Kindern nicht als ursprüngliches Merkmal betrachtet. Merkmale von Vor-, Ur-, Früh- und Jetztmenschen werden miteinander vermengt und auf die ersten Menschen projiziert. Solche Vermischungen sind auch in den Vorstellungen zum Verbreitungsgebiet der ersten Menschen zu finden. So nimmt beispielsweise ein Kind an, dass die ersten Menschen in „*Amerika*“ lebten und assoziiert damit offenbar indianerähnliche Ureinwohner:

> „Die meisten haben in Amerika, in Südamerika gelebt, draußen, ja und [...] Ja also die haben sich halt immer sowas, irgendwie aus so, wie bei den Indianern immer so etwas gebaut, mit den Stangen, die quer übereinanderstehen oder so, und dann haben die da immer so drin gewohnt“ (B5, Abs. 283-285).

Im weiteren Verlauf des Interviews führt das gleiche Grundschulkind „*Südafrika*“ als ein Ursprungsgebiet der frühen Menschen an und beschreibt den Lebensraum savannenartig („*da gab es nicht wirklich viele Bäume*“; B5, Abs. 316). In einem anderen Interview vermutet ein Kind, dass die ersten Menschen auf einem Groß- bzw. Superkontinent beheimatet waren. In dieser Vorstellung werden längst vergangene paläotektonische Verhältnisse mit dem Ursprung der Menschheit in Verbindung gebracht: „*Die Erde ist ja, war früher mal ein ganz großer, nur ein, hatte nur ein Erdteil [...] ich glaube auf diesem Erdteil lebten die zwei ersten Menschen*“ (B1, Abs. 195). Diese zitierten Äußerungen zeigen auch wie heterogen und individuell die Kindervorstellungen zu den ersten Menschen sind. Tabelle 20 gibt hierzu einen detaillierten Einblick.

Tabelle 20: Charakterisierung der ersten Menschen. Grün: Affenähnliche Steinzeitmenschen, blau: Menschenähnliche Steinzeitmenschen, orange: Mythologische Figuren.

Kind	Kindervorstellungen zu den ersten Menschen
B1	Sie hatten verfeinerte Waffen (Speere), lebten auf einem Superkontinent, koexistierten mit den Neandertalern
	Ein erstes Menschenpaar (der Mann hieß „Adam“)
B2	Starke Behaarung (Fell), keine Kleidung, lebten im „Neandertal“
B3	Keine Bekleidung (später Felle), rohes Fleisch als Nahrungsgrundlage (später gegrillt), kein aufrechter Gang (schiefer Gang)
B4	Dunkle Haut, dunkle Haare, Herstellung von Kleidung (Lederschule, Felle)

B5	Sind wie Affen gelaufen, nur drei Finger/Zehen, schwarze oder braune lange Haare (vor allem die Männer), dicke Lippen und dicke Nasen, Behausungen wie bei den Indianern, lebten in Amerika aber auch in Südafrika (Savanne)
B6	Braune Haut, Fell als Bekleidung, Jäger und Sammler, lebten in Höhlen, nutzen das Feuer „Adam und Eva“ und die Söhne „Kein und Abel“
B7	Affenmenschen („Mono“ genannt), keine modernen Geräte Eine große kräftige Frau („Eva“) und ein kleiner Mann („Tom“), sie lebten im Dschungel, ernährten sich von vielen Früchten, „Eva“ aß mit 18 Jahren einen giftigen Apfel
B8	Wild (sehr schmutzig & ungepflegt), sehr dicke Knubbelnasen, Frauen und Männer hatten lange Haare, anfangs braune Augen und dunkelhäutig, ideenreich, Jäger mit Waffen (Speere), lebten in Höhlen, Kleidung aus Bison-Fell, hatten Gefäße (Schüsseln), lebten wahrscheinlich ursprünglich im kalten Nordeuropa (in der Nähe von Norwegen oder Schweden) und zogen in wärmere Gebiete (Deutschland, Afrika)
B9	„Adam und Eva“ bzw. „Hawa und Eva“, modern bekleidet
B10	„Adam und Eva“, lebten im Paradies, aßen von einem Baum und wurden bestraft, Adam und Eva lebten zusammen mit den Dinosauriern
B11	„Adam“ und eine Frau, sie lebten im Paradies, sie wurden vom Teufel verführt, aßen von der verbotenen Frucht und wurden nackt
B12	Starke Behaarung (auch die Frauen), gebückte Haltung, konnten Feuer machen (Feuersteine), sie hatten Waffen (Speere)
B13	Starke Behaarung (Fell), vierbeinige Fortbewegung, keine Sprache
B14	Starke Behaarung (Fell), „hässliches“ Erscheinungsbild/ abgebrochene Nägel, keine Schuhe, keine richtige Sprache (Affenlaute), muskulös, Jäger, gute Läufer und Langstreckenwanderer
B15	Fell als Bekleidung, Übergang vom Baum- zum Bodenleben, Fortbewegung vermehrt am Boden, Jäger, lebten in Höhlen
B16	„Adam und Hawa“, sie waren bekleidet, der Mann war kräftig und hat vielleicht vor Millionen Jahren gelebt, sie haben nicht zusammen mit den Dinosauriern gelebt
B17	Erscheinungsbild „nicht haargenau“ wie das der „echten“ Menschen: der Rücken war ein bisschen krumm/verbogen, lange Haare, „komische“ Nase, lebten im Dschungel; Kleidung sehr modern gezeichnet (Pullover/Jeans), aber im Interviewgespräch relativiert (war demnach früher nicht „so schick und hübsch“ wie gezeichnet)

Kindervorstellungen zur Entstehung der ersten Menschen

Der überwiegende Teil der befragten Grundschundkinder verbindet den Ursprung der ersten Menschen mit den Affen (Tabelle 21). Insgesamt 14 der befragten Kinder äußern die Vorstellung der »Affenabstammung«: „*Wir stammen ja von Affen ab*“ (B3, Abs. 59). Zur Begründung der Affenabstammung geben einige Kinder die Ähnlichkeit zwischen Menschen und Affen an: „*Weil der Affe auch dem Menschen ähnlich ist*“ (B2, Abs. 207).

Tabelle 21: Vorstellungen zur Entstehung der ersten Menschen

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl der Kinder
Affenabstammung	14
Erschaffung durch Gott	6
Unsicher/schwankend	3
Theistische Evolution	2
Ein zufälliges/ungewöhnliches Ereignis	2
Ablehnungen	
Ablehnung der Affenabstammung	4
Ablehnung der Erschaffung der Menschen	3

In Bezug auf die »Affenabstammung«, insbesondere auf die Affenvorfahren der Menschen, lassen sich vielfältige Kindervorstellungen identifizieren. Ein Kind geht davon aus, dass der Mensch von einem heute bekannten Affen (Schimpansen oder Gorillas) abstammt (B3, Abs. 69). Ein anderes Kind stellt sich die Vorfahren „so ähnlich" wie die heutigen Affen vor und spricht von „*Mutanten-Gorillas*" und „*wirklich primitiven Wesen*" (B14, Abs. 99). Ein anderes Grundschulkind stellt sich den Vorfahren als eine Art „missing link" vor, welches zwischen den heutigen Menschen und Affen zu suchen ist („*so zwischen Mensch und Affe*"). In dieser Vorstellung sind die Vorfahren also einerseits „*irgendwie so ein bisschen anders*", andererseits aber auch „*so ähnlich"* wie ein heutiger Affe (B4, Abs. 222, 228, 232). Wiederum ein anderes Kind gibt an, dass es nicht wisse, ob sich der moderne Mensch aus den „*heutigen Affen*" oder „*anderen Affenarten*" entwickelt habe:

> „Also ich habe bisher noch keine Steinzeitaffen gesehen oder so, so in Büchern oder wo auch immer. [...] Also ich weiß nicht, dass es dann schon die heutigen Affen unsere Vorfahren waren oder halt nicht, also, dass es da noch andere Affenarten gab" (B12, Abs. 255-257).

Obwohl die Vorstellungen zur Affenabstammung von Kind zu Kind teils sehr verschieden sind, lassen sich auch typische Vorstellungen identifizieren. Die Menschwerdung wird häufig als eine stetige, geradlinige Höherentwicklung verstanden, bei der die Affen immer „*größer und gerader werden*" (B7, Abs. 53). Demgemäß beginnt die evolutionäre Entwicklung mit einem „*gebückten*" Affen und ist auf den „*aufrechten*" modernen Menschen hingerichtet: „*Ja, also erst fing es halt mit den Affen an, dann*

wurden ja, der Affe ist ja immer sehr gebückt und dann gab, wurden sie immer aufrichtiger, ja und daraus ist dann der moderne Mensch entstanden“ (B12, Abs. 249). Der Großteil der Befragten verfügt über nichtwissenschaftliche Vorstellungen zum Zeitraum der Menschwerdung. So geht beispielsweise ein befragtes Kind von einer nur zweitausendjährigen Entwicklungsgeschichte aus:

> „Das hat dann auch schon so 2000 Jahre etwa gebraucht, weil es ist ja nicht so, dass aus einem Affen kriegt ein Kind und ist direkt so ein Mensch. Das ergibt ja dann irgendwann keinen Sinn“ (B14, Abs. 301).

Ein anderes Grundschulkind nennt sogar nur 100 bis 300 Jahre:

> „Bis es zum Menschen wurde, also bis es zum Steinzeitmenschen wurde, würde ich so denken jetzt vielleicht 100, 200 Jahre aber vielleicht auch mehr, ich weiß nicht, ich würde so denken so 100, 200, 300 Jahre so“ (B3, Abs. 103).

Nur ein Grundschüler gibt mehrere Millionen Jahre für den Zeitraum der Menschwerdung an (*„ziemlich lange [...] 10 Millionen Jahre“*; B13, Abs. 281), wobei der Schüler auf Nachfrage angibt, dass er sich die Zahl *„einfach ausgedacht*“ hat (B13, Abs. 281). Bei zwei Kindern (B6, B7) lässt sich die Vorstellungen einer ontogenetischen Affen-Menschen-Entwicklung identifizieren. Die beiden nennen auch die kürzesten Zeiträume. Während das eine Kind den Zeitraum der Affenabstammung auf wenige Jahre (4-5 Jahre) schätzt (B7, Abs. 177), beziffert das andere den Zeitraum auf ein ganzes oder halbes Jahr und erwägt sogar einen noch kürzeren Zeitraum: „*Wenn es richtig gut läuft, dann dauert es nur zwei Monate*“ (B6, Abs. 216). Hier wird auch deutlich, dass die Humanevolution auf der Individualebene und nicht generationsübergreifend auf der Populationsebene gedacht wird.

Bei mehreren Grundschulkindern (n=6) lässt sich die Vorstellung identifizieren, dass Gott die ersten Menschen „erschaffen“ hat (»Erschaffung durch Gott«). Darunter sind alle vier Kinder mit muslimischen Sozialisationshintergrund: „*Alles ist von Allah erstanden, sogar Menschen*“ (B10, Abs. 263). Gemäß den geäußerten Glaubensvorstellungen wurde der erste Mensch „*aus Erde*“ (B16, Abs. 321) beziehungsweise „*aus Erde und Wasser*“ (B11, Abs. 9) erschaffen: „*Vielleicht hat er einfach, vielleicht hat er ja (irgend?) die Erde genommen, also, und hat es dann so rumgefaltet, also, so als ein Mensch gemacht und dann ist vielleicht ein Mensch geworden*“ (B16 Abs. 323). Bei den vier Kindern mit muslimischen Sozialisationshintergrund lassen sich auch Äußerungen feststellen, die *gegen* eine Affenabstammung gerichtet sind (Tabelle 21). Die Begründungen zur

»Ablehnung der Affenabstammung« sind vielfältig. Unter anderem berufen sich die Grundschulkinder auf ihre Religion: „*Das glauben manche Menschen, aber unsere Religion glaubt es nicht*“ (B10, Abs. 301). Zudem versuchen drei der vier Kinder gegen die Affenabstammung zu argumentieren, zum Beispiel:

> „Weil Allah hat alles gemacht und wir wurden einfach nicht so einfach gemacht. Es gibt ja auch ein Sinn (...) und dafür so. So wie Affen wären. Sonst wären ja auch die Gorillas dann jetzt Affen, äh Menschen, dann gäbe es keine Affen mehr. [...] Das ist aus unser Buch, das Koran und weil und das stell ich mir einfach vor, wenn, also es gibt ja heutige Gorillas und so, wenn sie jetzt zu Menschen wären, ich kauf mir zum Beispiel einen kleinen Gorilla, der aufwächst 100 Jahre alt und wird nicht so ein Mensch (...) ja, das kann ich mir nicht vorstellen“ (B10, Abs. 305-307).

Der Grundschüler (B10) wurde bereits mit der Vorstellung der Affenabstammung konfrontiert. Er gibt an, dass er von der Abstammung des Menschen von Affen in einem „*Natursachbuch*“ gelesen hat. Die präsentierte Affenabstammung wirkt auf ihn allerdings unvorstellbar („*voll Phantasieraum*“). Seine Alltagserfahrung lehrt ihm, dass Gorillas oder Schimpansen sterben, ohne dass aus ihnen irgendwann Menschen werden (B10, Abs. 311-321). Auch einem anderen Grundschulkind (B11) mit muslimischen Sozialisationshintergrund ist die Affenabstammung nicht unbekannt. Ganz im Gegenteil, die Schülerin gibt an, dass sie davon „*immer im Fernsehen*“ hört (Abs. 297). Ihre ablehnende Haltung gegenüber der Affenabstammung begründet die Schülerin mit ihrer Vorstellung zum zeitlichen Erscheinen der Organismen. Sie stellt sich vor, dass die Menschen in der Erdgeschichte *vor* den Affen erschienen seien (vgl. Kategorie »Ordnen nach der Zeit«). In dieser Vorstellungswelt können Menschen also überhaupt nicht von den Affen abstammen:

> „Ja, aber ich glaube, also ich glaube, dass es nicht stimmt, weil also, wie ich hier mit den Figuren gezeigt habe, glaube ich, dass der Mensch zuerst war und dann die Pflanzen und die Dinosaurier [...] also mit den Figuren habe ich ja gezeigt, dass die erst später gekommen sind und deswegen glaube ich es nicht“ (B11, Abs. 295, 303).

Ein weiteres Grundschulkind (B16) mit muslimischen Sozialisationshintergrund hat von ein paar Mitschülern von der „Affenabstammung“ gehört: „*Zum Beispiel haben wir so einen Klassenclown, der sagt immer wir sind Affen*“ (B16, Abs. 179). Die Vorstellung des „ungläubigen“ Mitschülers teilt die Grundschülerin nicht (B16, Abs. 347). Die Grundschülerin begründet ihre ablehnende Haltung argumentativ mit Unterschieden zwischen Menschen und Affen: „*Ich find nicht, denn wenn die Affen unsere Vorfahren wären, dann könnten die ja laufen. Also die können zwar laufen, aber nicht so richtig gut und die Affen*

sprechen ja gar nicht und die Menschen sprechen ja“ (B16, Abs. 183). Im Kontext der Ablehnung der Affenabstammung bestreitet die Grundschülerin jegliche Ähnlichkeiten im Aussehen zwischen Menschen und Affen: „*Der sieht sich überhaupt nicht einmal ein bisschen ähnlich. Gar nicht (Kopfschütteln)*“ (B16, Abs. 349).

Der Ablehnung der Affenabstammung steht die »Ablehnung der Erschaffung der ersten Menschen» gegenüber, die von insgesamt drei Grundschulkinder geäußert wird (Tabelle 21). Ein Grundschüler (B3) bemerkt:

> „Ich habe auch schon gehört, dass, also von gläubigen Menschen, dass Gott das alles erschaffen hat, dass Gott die Menschen und so erschaffen hat und das habe ich schon von manchen gehört, aber ich würde eher denken, dass das jetzt so, dass das so ist, dass die Menschen vom Affen abgestammt sind“ (B3, Abs. 263).

Und als Begründung führt der Grundschüler an:

> „Erstens, weil ich gar nicht gläubig bin und zweitens, dass ist auch irgendwie einfach (...), das ist auch für mich irgendwie einfach realistischer, weil ich glaub nicht, dass Gott das jetzt alles so, dass er jetzt 7 Tage gebraucht hat und dann so halt das Meer erschaffen hat und so. Ich glaub, dass das alles, dass das jetzt so halt, dass die Menschen vom Affen abstammen und nicht, dass Gott das erschaffen hat“ (B3, Abs. 265).

Eine Grundschülerin (B15) sieht das ähnlich:

> „Affen, die finde ich eigentlich jetzt, wir wissen sehr viel über die, wir sind aus dem entstanden. Vielleicht die Religiösen glauben, dass Gott uns erschaffen haben, aber ich nehme das nicht so ernst, ich bin ja eigentlich muslimisch, aber ich bete nicht, ich esse auch Schwein, ich mag das einfach nicht. [...] Weil ich nicht glaube, dass ein Mann von oben, der riesig ist, das alles mit SCHICH (macht dazu eine Handbewegung) mit einem Handschlag erledigt hat. Ich glaube das braucht Zeit, das. Ich weiß auch, dass das so war, dass zuerst der Urknall kam und dann die Ur-Suppe mit den Mitochondrien. Ich weiß auch, dass es so war und nicht, dass der Herr von oben das gemacht hat“ (B15, Abs. 263-265).

Zwei Grundschulkinder verfügen über eine »theistisch-evolutionäre« Vorstellung (Tabelle 21). Die Vorstellung der Affenabstammung wird hierbei mit dem Schöpfungsgedanken verbunden. Wie sehr mythologische Elemente aus religiösen Quellentexten, Vorstellungen zur Schöpfung sowie zur Affenabstammung in einer Vorstellung miteinander vermischt sein können, zeigen die folgende Interviewpassage:

> **I**: Wer waren die ersten Menschen?
> **B6**: Also ich stell es mir so vor, Adam. Also zuerst Adam und dann auch Eva. Und also ich denke Adam war dann immer so alleine und dann kam halt aus dem Affen

> wurde dann halt noch so ein Menschaffe und dann nach, und dann wurde daraus halt Eva und so, denk ich das waren die ersten Menschen.
>
> **I:** Also aus einem Affen?
>
> **B6**: Ja, also alle Menschen, die ich, also ich denke, früher wurden sie glaub ich vom Affen erstellt, aber der Sohn, also Kein und Abel wurden glaub ich von Adam und Eva halt gemacht und nicht von Affen. Also muss ja nicht jeder Affe immer was dazu machen und es war ja auch bei Gott, dann muss er halt nicht alles erstellen, dann muss er nur die Zellen machen und dann wird das. (B6, Abs. 166-169)

Die Schöpfung wird hier nicht als ein Gegensatz zur Affenabstammung gesehen. Der Schöpfergott macht „*nur die Zellen*“, schafft also die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Affenabstammung (»Erschaffung der Voraussetzung der Affenabstammung durch Gott«). Die Affenherkunft der Menschen beschreibt das Grundschulkind (B6) intentional als würde es sich bei der Evolution um einen Erschaffungsprozess handeln. Gemäß der Kinderäußerung werden die Menschen von den Affen „*erstellt*“ bzw. „*produziert*“ (B6, Abs. 179).

In Bezug auf die Frage nach der Herkunft des Menschen ist zudem auffällig, dass einige der befragten Grundschulkinder (n=3) »unsicher« beziehungsweise »schwankend« antworten (Tabelle 21). Es sind Vorstellungsbrüche und Gedankenkonflikte erkennbar. Beispielsweise äußert eine Grundschülerin zunächst, dass Gott die erste Frau (Eva) erschaffen hat, was sie im Religionsunterricht gelernt hat: „*Das machen wir ganz oft in Reli, also wir stellen uns halt immer vor, dass Gott halt die erste Person erstellt hat*“ (B7, Abs. 19). Die Grundschülerin äußert allerdings auch die Vorstellung der Affenabstammung (B7, Abs. 41). Es wird deutlich, dass die Schülerin mit unterschiedlichen Vorstellungen konfrontiert wird: „*Da gibt es viele Meinungen*“ (B7, Abs. 21). Sie gibt an, dass sie gar nicht genau wisse, was sie für eine eigene Meinung dazu hat (B7, Abs. 19).

Die Entstehung der ersten Menschen erklären zwei Grundschulkinder mit einem »zufälligen/ungewöhnlichem Ereignis« (Tabelle 21). Nach einer dieser Vorstellungen ist der Ursprung der Menschheit auf ein ungewöhnliches, seltenes „Ei“ zurückzuführen, das ein Affe legte: „*Es gab nur einmal dieses Ei, das war nämlich ganz selten*“ (B8, Abs. 149). Der Ursprungsmythos, ein „*Affe ohne Fell*“ sei aus einem Ei geschlüpft, tritt hier verbunden mit der Vorstellung der Affenabstammung auf:

> „Also nochmal zurück, fall du dich jetzt wunderst, diese Mutter, die hat halt ihr Baby bekommen, aber das Baby, das war halt nicht normal, das war, also sie hat ein Ei bekommen. [...] Davon haben die sich halt richtig gewundert und deswegen denk ich. [...] Weil Affen ja keine Eier legen [...] Und irgendwie haben sich die Affen, also es

> gibt jetzt ja auch noch Affen, aber irgendwie hat sich dieser Affe mit diesem, also der kein Fell hatte, hat sich dann immer weiterentwickelt zu dem Menschen [...]“ (B8, Abs. 101-107).

Ein weiterer Ursprungsmythos, der ein »zufälliges/ungewöhnliches Ereignis« enthält, führt eine andere Grundschülerin (B6) an. Entsprechend dieser Vorstellung hat ein Affe, der auf einem Baum saß, eine „*Haarsträhne*“ verloren, welche „*zufällig*“ in eine Banane fiel. Aus der Banane, so die Vorstellung, ist dann ein Menschenaffe mit menschlichen Eigenschaften „*geschlüpft*“. Gemäß dieser Kindervorstellung liegt der Ursprung der Menschheit in einem zufälligen Hybridisierungsereignis (Affenhaar + Banane):

> „Also hier oben ist so ein Baum, warte (...) (zeichnet). Da sitzt halt gerade ein Affe drauf (...) (zeichnet) isst eine Banane, fällt runter bis sie am Boden ist und zufällig kommt da noch ein Haar, fällt da mit rein. [...] Ja, dann kommt das halt zusammen und die Schale geht dann zu und das Haar drinnen und irgendwann stoßt die Schale weg und dann schlüpft da halt so wie ein Menschaffe oder manchmal auch ein Affe raus und dann kommt das halt zum Mensch“ (B6, Abs. 191-197).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

Am häufigsten (n=13) treten die Codes »Steinzeitmenschen« und »Affenabstammung« kombiniert miteinander auf (Abbildung 22). Überdies bildet die Vorstellungskombination »Steinzeitmenschen + Affenabstammung« auch die häufigste Codekonfiguration (n=6). Die zweithäufigste Codekonfiguration (n=3) besteht aus den Codes »mythologische Figuren + Erschaffung durch Gott + Ablehnung der Affenabstammung« (Abbildung 22). Die Vorstellung »mythologische Figuren« und »Erschaffung durch Gott« werden insgesamt sechsmal miteinander kombiniert, die Vorstellung »Erschaffung durch Gott« und die »Ablehnung der Affenabstammung« viermal (Abbildung 22).

Vier Kinder äußern mythologische Figuren als erste Menschen und verfügen gleichzeitig auch über die Vorstellung der Affenabstammung (Abbildung 22). Die beiden Konzepte müssen sich nicht gegenseitig ausschließen. Ein Grundschulkind (B6) stellt sich zum Beispiel vor, dass sich aus Affen die ersten Menschen Adam und Eva entwickelten (B6, Abs. 167). Während dieser Grundschüler beide Konzepte in einer (in sich schlüssigen) komplexeren Vorstellung integriert, stehen die beiden Konzepte bei einer anderen Grundschülerin (B11) einfach unverbunden nebeneinander. Die Grundschülerin geht davon aus, dass Gott Adam erschaffen hat (B11, Abs. 9) und lehnt die eigentliche Affenabstammung ab, da sie nicht zu ihrer Vorstellung passt, dass die Menschen in der

Erdgeschichte zuerst (also vor den Affen) erschienen seien (B11, Abs. 295). Aus dem Grund, dass sich die Menschen und Affen so stark ähneln, erwägt die Schülerin aber auch die Affenabstammung: „*So ich weiß es ja nicht so genau, aber ich könnte es mir eigentlich schon vorstellen, also, dass sie von den Affen abgestammt wurden. […] Ja, weil die sich sehr ähneln*“ (B11, Abs. 305-309). Die Grundschülerin ist sich unsicher und schwankt teilweise zwischen beiden Konzepten. Die Vorstellungswelt der Grundschülerin zur Herkunft der Menschen wird daher durch die komplexe Codekonfiguration »mythologische Figuren + Erschaffung durch Gott + Ablehnung der Affenabstammung + Affenabstammung + unsicher/schwankend« charakterisiert (Abbildung 22). Bei insgesamt fünf Grundschulkindern der Stichprobe (B1, B5, B6, B7, B11) lassen sich mehr als drei verschiedene Codezuordnungen zur Herkunft des Menschen feststellen (Abbildung 22).

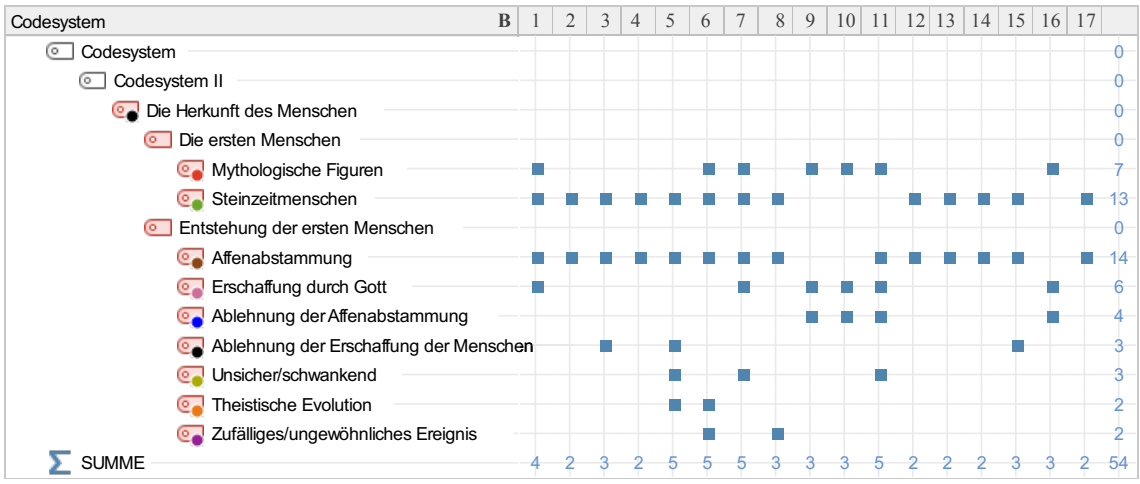


Abbildung 22: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Die Herkunft der Menschen«.
B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

7.1.2.5 Hauptkategorie: Kindervorstellungen zu den Veränderungen und zum Entwicklungsstand der Menschen

In Bezug auf die Frage, welche Veränderungen und Entwicklungen sich in der Geschichte der Menschheit von den Urmenschen bis heute vollzogen haben, lassen sich vielfältige Kindervorstellungen identifizieren (Tabelle 22). Darüber hinaus verfügen mehrere der befragten Kinder nicht nur über Vorstellungen zur Vergangenheit, sondern auch zur Zukunft der Menschheit. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Frage interessant, ob sich die Grundschulkinder die Humanevolution als abgeschlossen vorstellen oder in der Zukunft Veränderungen erwarten und welche (Tabelle 23).

Tabelle 22: Vorstellungen zu den Veränderungen der Menschen

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl der Grundschulkinder
Kulturelle Veränderungen	14
Veränderungen im Aussehen	12
Veränderungen in der Fortbewegung	7
Konstanz der Menschen	5
Zunahme der geistigen Fähigkeiten	1
Verschlechterung/Demoralisierung	1

Am häufigsten (n=14) nennen Grundschulkinder »kulturelle Veränderungen«, welche die kulturelle Evolution von den Anfängen bis heute kennzeichnen (Tabelle 22). Als kulturelle Innovationen nennen die Grundschulkinder vor allem die Herstellung von Kleidung, die Verfeinerung und Verbesserung von Werkzeugen, die Beherrschung des Feuers, die sprachliche Kommunikation, die Wissensentwicklung (wissenschaftlicher Fortschritt) sowie zahlreiche Erfindungen wie z.B. Kutschen, Häuser, Brillen, Geld, Tische, Häuser, Kräne, Autos, elektrische Geräte (TV-Geräte, Computer) und Einkaufscenter. Folgende Äußerung steht exemplarisch für diese Kategorie:

> „Also die, die Neandertaler haben ja jetzt noch nicht Kleidung gehabt, richtige und keine richtigen Werkzeuge und die haben sich die Werkzeuge auch selber gebaut (...) und (...) wir haben ja jetzt auch Kleidung und so und richtige Werkzeuge, Schnitzmesser und so und die haben halt auch noch mit Holzsachen gearbeitet und aus Stein und so und mehr die Bögen und Pfeile gemacht“ (B2, Abs. 183).

Auch »Veränderungen im Aussehen« (auf biologischer Ebene) werden von vielen der befragten Grundschulkindern (n=12) angeführt (Tabelle 22). Hierbei dominiert die Vorstellung, dass die Menschen im Laufe der Zeit ihre starke Behaarung (das Fell) verloren haben: „*Also, dass das Fell weg ist und dass die nicht irgendwie so U-U-U als Sprache haben*“ (B14, Abs. 303). Auch die Größenzunahme, die Veränderungen der Hautfarbe und anatomische Veränderungen werden genannt: „*Also die haben sich verändert, indem sie gerader waren, also ihre Rücken gerader warn*“ (B7, Abs. 171). Ein Grundschulkind verfügt über die Fehlvorstellung, dass im Laufe der Menschwerdung die Anzahl der Finger zugenommen hat:

> „Wie gesagt, die haben ja nur drei Finger und die kriegen ja eigentlich, also heute haben wir ja fünf Finger und das hat sich so ein bisschen verändert und die Natur hat sich auch verändert“ (B5, Abs. 316).

Ein anderes Kind betont die „kleinen“ Veränderungen im Aussehen:

> „Dann kam halt noch der Neandertaler, die etwas, die schon dem Menschen sehr ähnlich sahen, aber halt auch noch den, also die waren so mittendrin - im Mensch und den Affen. Und der moderne Mensch sieht halt. Nur es waren kleine Merkmale, also das Ohr oder Nase, den oder Hände, dem Menschen ähnlicher, aber nur nur ganz so kleine Merkmale“ (B12, Abs. 253).

»Veränderungen in der Fortbewegung« werden von sieben Grundschulkinder genannt (Tabelle 22). Als eine Schlüsselveränderung nennen die Grundschulkinder hier den aufrechten Gang. Die Fortbewegungsweise der Urmenschen stellen sich die Kinder in gebückter Haltung oder „*auf allen vieren*“ vor (B13, Abs. 247). Wie ein Urmensch früher in gebückter Haltung gegangen sein soll, demonstrierte ein Grundschulkind während eines Interviews (B3, Abs. 160-162). Der gebückten Fortbewegungsweise stellt der Schüler die „*normale*“, aufrechte Fortbewegung der Jetztmenschen gegenüber:

> „Irgendwie so vielleicht (der Grundschüler geht in gebückter Haltung) [...] oder so und dann sind sie, also dann haben sie sich, jetzt laufen ja normale Menschen so, halt, ja wie eben normale Menschen laufen, die laufen gerade und normal und schön halt, ja (...) und ich würde halt denken, dass sie auch schief gelaufen sind“ (B3, Abs. 164).

Die Vorstellung der »Konstanz der Menschen« lässt sich bei fünf Grundschulkindern identifizieren (Tabelle 22). In dieser Vorstellung veränderten sich die Menschen seit ihrer Entstehung (biologisch gesehen) nicht oder nur äußerst marginal. Ein Grundschulkind zeichnet zum Beispiel zwei aufrechtstehende, anatomisch moderne Menschen mit Kleidung (die mythologischen Figuren „*Adam und Hawa*“) und antwortet auf die Nachfrage, ob sich die Menschen von ganz früher bis heute verändert haben: „*Nein. Vielleicht mit der Klamottenart*“ (B16, Abs. 317). Auffällig ist, dass keins der befragten Grundschulkinder in Bezug auf die Humanevolution die Zunahme des Gehirnvolumens nennt. Lediglich ein Kind weist auf die Zunahme der »geistigen Leistungsfähigkeit« hin:

> „Die sind ja vom Affen abgestammt, also würde ich denken [...], dass die halt intelligenter wurden und dann irgendwie, vielleicht, dass sie Feuer wussten wie das zu betätigen war und so, wie man das benutzt und wie das nicht so gefährlich wird und so“ (B3, Abs. 172).

Tiefgreifende geistig-kognitive Unterschiede zwischen Ur- und Jetztmenschen stellt sich der Grundschüler allerdings nicht vor:

> „Zum Beispiel die von heute wissen jetzt ganz viele Sachen wie Strom funktioniert, was so früher auf der Erde war, was wir, also wer, was wir jetzt so, Tische, Häuser und das alles haben wir ja gebaut und nicht die Neandertaler, weil (...) der die, wir sind

> auch schlauer als, also (...) schlauer, wir sind schlauer als Steinzeitmenschen, aber ich würde jetzt nicht sagen viel schlauer, also die waren früher halt auch nicht dumm, die waren irgendwie, sie wussten halt noch nicht, also sie wussten nicht wie man das alles macht und sind auch nicht auf die Idee gekommen, aber ich glaub die waren auch ganz schlau. [...] Heute sind etwas schlauer, aber ich würde nicht so denken so ein riesen Unterschied“ (B3, Abs. 166-168).

Ein Schüler mit muslimischen Sozialisationshintergrund *bewertet* die Entwicklungen von früher bis heute. Er geht von einer »Verschlechterung/Demoralisierung« der Menschen aus (Tabelle 22). Er erwähnt unter anderem, dass die Menschen früher viel älter wurden als heute:

> „Alles was ich weiß, dass die früher die Menschen mehr leben, also mehr zum Beispiel bis 110 leben konnten oder sogar mehr, aber hier sterben vielleicht manche mit 90 oder 80, also so richtig weniger mit 100 [...] Ja, weil es gab es ja früher keine Krankheiten“ (B10, Abs. 291-293).

In dieser Vorstellung hatten die frühen Menschen (Adam und Eva) „*kein Lepra oder sowas*“, auch verschmutzten damals keine Autos die Luft (B10, Abs. 295). Darüber hinaus hebt der Schüler den „Verfall der Moral“ hervor:

> „Die Menschen haben sich, ja manche, also zum Beispiel mein Freund, der hat einmal einen Mann gesehen, der ist gestürzt und der war alt, da hat er geblutet, da wollte er die Krankenhaus anrufen, da kamen so viele Menschen, die gucken einfach hin und laufen weiter, also die denken, die denken nur an sich (...) das mein ich“ (B10, Abs. 299).

Vorstellungen zur Zukunft und zum Entwicklungszustand der Menschen

Insgesamt 13 der 17 Schülerinnen und Schüler äußern sich zur Zukunft der Menschen, wovon neun Kinder »zukünftige Veränderungen« nennen (Tabelle 23). Auffällig ist, dass die Mehrheit der Kinder *kulturelle Veränderungen* anführt. So stellen sich die Kinder zum Beispiel vor, dass es in der Zukunft andere Energiequellen, mehr Roboter, eine umweltfreundlichere Technik, eine andere Kleidung, fliegende Häuser und Autos und Zeitmaschinen geben wird. Bei den kulturellen Veränderungen erwähnen die Kinder hauptsächlich den technischen Fortschritt (Robotik) und Veränderungen bei der Kleidung (Mode). Lediglich drei der befragten Kinder äußern *biologische Veränderungen* (Tabelle 23). Auffallend ist hierbei, dass sich alle drei Grundschulkinder (B5, B14, B16) eine Größenzunahme der Menschen vorstellen. Andere biologische Veränderungen werden nicht genannt. In den Vorstellungen der Kinder kann die zukünftige Kulturevolution allerdings einen großen Einfluss auf die Biologie des Menschen haben. Ein Kind stellt

sich die Menschen in der Zukunft als Menschen-Maschinen-Hybride (Cyborgs) vor, die mit eingepflanzten Chips im Kopf leben. Gemäß der geäußerten Vorstellung wird durch die Verschmelzung mit der Technik ein direkter zwischenmenschlicher Gedankenaustausch ermöglicht:

> „Doch er wird sich schon verändern, weil früher die Menschen haben ja wahrscheinlich auch gedacht oder die hatten keine Vorstellung, ob sich der Mensch verändert. Also später fahren alle nur mit Elektroautos rum und den wird dann irgendein Chip eingebaut, dass die irgendwie denken, die denken so AH „mein Freund heißt L." und dann denkt man AH „kannst du zu mir kommen" und dann sofort im Chip von dem (zeigt auf seinen Kopf)" (B13, Abs. 293).

Tabelle 23: Kindervorstellungen zur Zukunft und zum Entwicklungszustand der Menschen

Kategorie/ Vorstellung	Anzahl der Grundschulkinder
Zukünftige Veränderungen	9
- *Kulturelle Veränderungen*	8
- *Biologische Veränderungen*	3
Abgeschlossener Entwicklungszustand	4
Unsicher bezüglich zukünftiger Veränderungen	2

Bei vier der befragten Grundschulkinder ist die Vorstellung identifizierbar, dass die Humanevolution abgeschlossen sei (Tabelle 23). So merkt zum Beispiel ein Grundschulkind in Bezug auf zukünftige Veränderungen der Menschen an: *„Ich glaube, dass er, dass da sich nicht viel ändert"* (B1, Abs. 225). Der »abgeschlossene Entwicklungszustand« bezieht sich hier in der ersten Linie auf die biologische Evolution. Folgende Kinderäußerung zeigt exemplarisch wie manche Grundschulkinder die biologische Evolution des Menschen als mehr oder weniger beendet betrachten, jedoch von kulturellen Veränderungen ausgehen:

> „Eigentlich sehen sie dann alle gleich aus, nur, dass man dann halt andere Kleidung und so [...] weil der Mensch hat sich dann halt in der Zukunft dann nicht so verändert, also heute kann man ja mit Verschönerungs-OPs das alles machen, aber [...] ja nur halt andere Kleidung, andere Technik und [...] es gibt immer wieder mal andere Unterschiede, aber ich mein jetzt so in Zukunft, als sie sich jetzt nicht so plötzlich aussehen wie, also, dass sie nicht eckige Gesichter kriegen und/ also dass sie immer noch rund bleibt und die Augen an ihrem Platz und halt ja, natürlich, es gibt immer andere Gesichter, die anderen sind etwas runder, die anderen sind melonenförmig oder wie auch immer. [...] so, halt wie schon gesagt, die Technik wird sich sicher

> irgendwann mal verändern [...] so jetzt vom Menschen her finde ich verändert sich dann eigentlich nicht viel, also, oder gar nichts“ (B12, Abs. 277-293).

Zwei Grundschulkinder erwägen das Aussterben der Menschheit. Ein Grundschulkind sieht die Gefahr, dass Menschen von Robotern verdrängt und ersetzt werden (B7, Abs. 187). Ein anderes Grundschulkind sieht im Klimawandel eine ernsthafte Bedrohung für die Menschheit:

> „In 1000 Jahren könnte es sogar sein, dass wir gar nicht mehr leben, wenn die Menschen jetzt nichts unternehmen dann (...) dann wird es nämlich zu heiß auf der Erde und dann sterben wir, aber das wird jetzt erstmal nicht passieren (B3, Abs. 188).

Zwei Kinder, die zur Zukunft der Menschen gefragt wurden, äußern keine konkreten Veränderungen und sind sich völlig »unsicher«, ob die Humanevolution weitergeht: „*Er kann gleich bleiben, er kann sich verändern (...) weiß nicht* (B2, Abs. 217).

Zusammenhänge zwischen den Subkategorien

In Bezug auf die Vorstellungen zu den Veränderungen der Menschen treten am häufigsten (n=12) die Codes »kulturelle Veränderungen« und »Veränderungen im Aussehen« kombiniert miteinander auf (Abbildung 23).

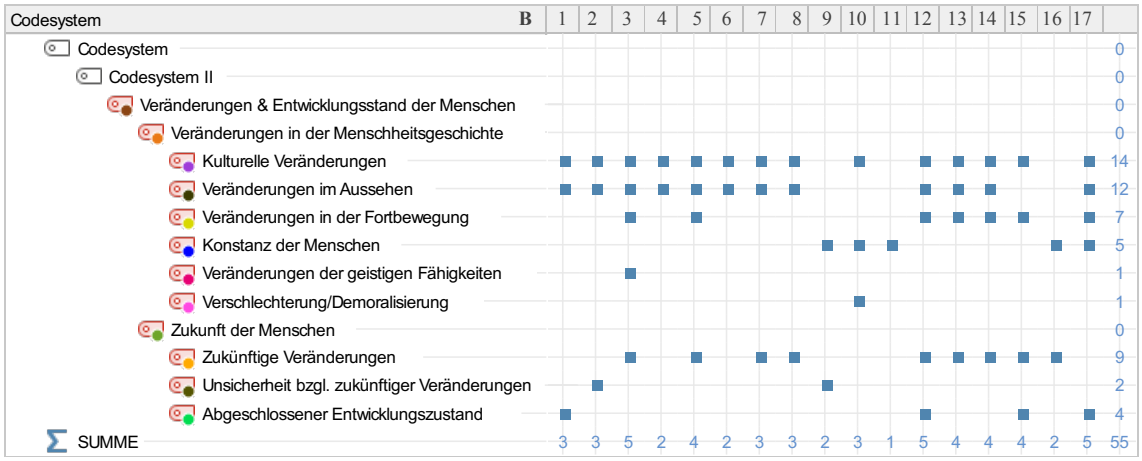


Abbildung 23: Code-Matrix zur Hauptkategorie »Veränderungen & Entwicklungsstand der Menschen«. B1-B17: Codenummern der beteiligten Schülerinnen und Schüler.

Mehrere der befragten Kinder (n=6) nennen neben den »kulturellen Veränderungen» und »Veränderungen im Aussehen« zusätzlich noch »Veränderungen in der Fortbewegung« (Abbildung 23). Ungefähr die Hälfte der befragten Grundschulkinder (n=8) gehen von einer Kulturevolution in der Vergangenheit aus und erwarten auch in der Zukunft weitere Veränderungen, insbesondere einen kulturellen Wandel. Die häufigste Konfiguration

besteht aus den vier Codes »kulturelle Veränderungen + Veränderungen im Aussehen + Veränderungen in der Fortbewegung + zukünftige Veränderungen« (Abbildung 23). Sie charakterisieren die Vorstellungen von drei befragten Grundschulkindern (B5, B13, B15). Überwiegend sind die Codekonfigurationen individuell (Abbildung 23). Auffällig ist zudem, dass nahezu ausschließlich die vier Kinder mit muslimischen Sozialisationshintergrund (B9, B10, B11, B16) von der biologischen »Konstanz der Menschen« ausgehen (Abbildung 23). Die Vorstellungen der vier Grundschulkinder bezüglich der Menschheitsgeschichte sind in sich konsistent. Sie nennen keine Veränderungen im Aussehen und der Fortbewegung der Menschen. Bezüglich zukünftiger Veränderungen hält jedoch eins der vier Grundschulkinder mit muslimischen Sozialisationshintergrund auch biologische Veränderungen für möglich. Das Mädchen (B16) erwägt, dass die Menschen in der Zukunft riesengroß werden: „*Vielleicht, also er könnte länger werden, nicht so zwei Meter, vielleicht so drei Meter und ja vielleicht dann anderen Klamotten-Styl*“ (B16, Abs. 371).

7.1.3 Der Vorschlag einer polythetischen Typologie

Die fallübergreifenden Analysen zwischen den Hauptkategorien zeigt die Heterogenität und Individualität der Kindervorstellungen zum Themenfeld Evolution. In Bezug auf alle Haupt- und Subkategorien lassen sich keine monothetischen Vorstellungstypen identifizieren. Keine zwei Grundschulkinder, die befragt wurden, verfügen im vieldimensionalen Merkmalsraum über das gleiche Vorstellungsgefüge. Dennoch lassen sich typisierende Denkweisen in der Vorstellungswelt der Grundschulkinder finden, wenn der Merkmalsraum reduziert wird. Basierend auf den bisherigen Analysen der inhaltlichen Zusammenhänge werden die Hauptkategorien »Ursprung der ersten Lebewesen« und »Herkunft der Menschen« als besonders relevant für die Typenbildung erachtet. Werden die Vorstellungen zu den beiden Hauptkategorien als Kerndimensionen herangezogen, sind theoretisch folgende vier Typen zu erwarten:

- **Der konsequente Evolutions-Typ**: Grundschulkinder, die zu diesem Typ gehören, verfügen über die Vorstellungen einer »naturalistisch-materialistischen Entstehung der ersten Lebewesen« und nennen in Bezug auf die Herkunft der Menschen die »Affenabstammung«. Sie äußern keine Schöpfungsvorstellung.
- **Der konsequente Schöpfungs-Typ:** Dieser Typ charakterisiert jene Grundschulkinder, die von einer »Schöpfung der ersten Lebewesen« und von der »Erschaffung der Menschen« ausgehen.

- **Der theistische Evolution-Typ**: Dieser Typ ist dadurch charakterisiert, dass die Vertreter sowohl die Vorstellung »Schöpfung der ersten Lebewesen« bzw. »Erschaffung der Lebensvoraussetzungen« äußern als auch die »Affenabstammung« nennen. Dieser Mischtyp sieht die Schöpfungsvorstellung (Schöpfung am Anfang) und die Evolutionsvorstellung (Affenabstammung der Menschen) als mehr oder weniger kompatibel an.

- **Der rein anthropozentrische Schöpfungs-Typ**: Die Vorstellungskombination aus einer naturalistischen Entstehung der Lebewesen (»naturalistisch-materialistischen Entstehung der ersten Lebewesen«) und der »Erschaffung der Menschen» charakterisiert diesen Mischtyp. Der Mensch wird als eine Art Sonderschöpfung innerhalb einer grundsätzlich naturalistisch-evolutionsfähigen Welt betrachtet (Spezialfall Mensch).

Die angeführten künstlichen Typen lassen sich auf der Basis theoretischer Überlegungen konstruieren. Betrachtet man allerdings die fokussierten Fallzusammenfassungen zu den Merkmalen, dann lassen sich nicht alle Typen in den empirischen Daten wiederfinden. Bei der Betrachtung der Fälle wird deutlich, dass sich kein befragtes Grundschulkind dem „anthropozentrischen Schöpfungs-Typ“ zuordnen lässt.[12] Zudem zeigen die Fall-zusammenfassungen, dass einige Kinder unterschiedliche und schwankende Vorstellungen bzgl. dem »Ursprung der ersten Lebewesen« bzw. der »Herkunft der Menschen« äußern. Aus dem Grund, dass die angeführten Typen nicht hinreichend trennscharf sind, wurde durch systematisches Ordnen nach Ähnlichkeit, unter Zuhilfenahme der MAXQDA-Ähnlichkeitsanalyse (Anhang III, C), eine modifizierte Typologie gebildet, die den schwankenden Charakter einiger Kinder stärker berücksichtigt. Der „rein anthropozentrische Schöpfungs-Typ“ wurde aus der Typologie gestrichen (da er in den Daten nicht vorkommt) und der sogenannte „Schwankungs-Typ“ (Inkonsistenz-Typ) hinzugefügt. Zum Schwankungs-Typ werden Grundschulkinder gruppiert, die mehrere unterschiedliche Vorstellungen zum »Ursprung der ersten Lebewesen« und der »Herkunft der Menschen« äußern, wenn sie also zwischen Schöpfungsvorstellungen und Evolutionsvorstellungen hin und her schwanken. Die in der Tabelle 24 dargestellte empirisch konstruierte Typologie ist *polythetisch*. Die Typen sind also nicht völlig homogen. Manche der befragten Grundschulkinder stimmen mehr, manche weniger mit dem Muster des „Idealtyps“ überein. In der modifizierten (empirischen) Typologietabelle werden die Zugehörigkeiten der einzelnen Kinder zu den gebildeten Typen deutlich (Tabelle 24).

[12] Bei einer vergrößerten Datenbasis ließe er sich möglicherweise finden.

Tabelle 24: Modifizierte Typologie und Zuordnung der Fälle auf der Basis fokussierter Fallbetrachtungen und Ähnlichkeitsanalysen

Haupt-kategorien	**Herkunft der ersten Menschen**		
Ursprung der ersten Lebewesen	Kernmerkmale	*»Erschaffung der Menschen«*	*»Affenabstammung«*
	»Schöpfung durch Gott«	**Schöpfungs-Typ**	**Theistischer Evolutions-Typ**
	»Naturalistisch-materialistische Entstehung«	**Anthropozentrischer-Schöpfungs-Typ**	**Evolutions-Typ**

Modifizierte Typologie nach empirischer Typenbildung	**Grundschulkinder**
• **Schöpfungs-Typ** • **Teilweise schwankender Schöpfungs-Typ**	B9, B10 B11, B16
• **Evolutions-Typ**	B2, B3, B4, B8, B12 B13, B14, B15, B17
• **Theistischer Evolutions-Typ**	B5, B6
• **Schwankungs-Typ**	B1, B7

Die häufigsten mit dem jeweiligen Typ assoziiert auftretenden Vorstellungen sind neben den Kernmerkmalen in der Tabelle 25 und der Tabelle 26 dargestellt (S. 161-162). Sie zeigen die komplexen Zusammenhänge zwischen den Typen und den erhobenen Vorstellungen aus dem Kategoriensystem I (Evolution im Allgemeinen) und Kategoriensystem II (Humanevolution). Außerdem sind relevante soziodemographische Daten angegeben, die aufzeigen welche Zusammensetzung die konstruierten vier Typen bzgl. Klasse, Durchschnittsalter, Geschlecht und Sozialisationshintergrund aufweisen. Nachfolgend werden die empirisch gebildeten Typen näher beschrieben.

Der **Evolutions-Typ**, zu dem ungefähr die Hälfte der befragten Kinder zählt (B2, B3, B4, B8, B12 B13, B14, B15, B17), ist durch eine evolutionäre Sichtweise geprägt. Diese

kommt nicht nur in den Kerndimensionen des Typs (der Vorstellung der »naturalistisch-materialistischen Entstehung der ersten Lebewesen« und der »Affenabstammung»), zum Ausdruck, sondern auch in den geäußerten Vorstellungen, die mit dem Typ häufig assoziiert sind (Tabelle 25). Dabei handelt es sich unter anderem um die Kategorien »Veränderlichkeit der Lebewesen«, »Erschließung neuer Lebensräume«, »Ordnen der Lebewesen nach der Zeit«, »Steinzeitmenschen als erste Menschen«, »Affen als menschenähnlichste Lebewesen«. Das Durchschnittsalter der neun Grundschulkinder, die zum Evolutions-Typ gruppiert werden können, beträgt 9,4 Jahre. Darunter sind fünf Mädchen und vier Jungs. Vier Kinder sind aus der 3. Klasse und fünf Kinder aus der 4. Klasse. Die kulturellen und religiösen Sozialisationshintergründe sind unterschiedlich (christlich, buddhistisch, muslimisch, säkular). Auch der Urbanitätsgrad ist divers. Die Kinder kommen sowohl aus städtischen als auch aus ländlichen Gebieten (Tabelle 25).

Zum **Schöpfungs-Typ** gehören insgesamt vier Grundschulkinder (B9, B10, B11, B16). Die Kinder stellen sich vor, dass die Lebewesen direkt durch Gott erschaffen wurden (»Schöpfung der ersten Lebewesen durch Gott + Erschaffung der ersten Menschen«). Drei der vier Kinder (B10, B11, B16), die dem Typ zurechenbar sind, nennen die Menschen als die ersten Lebewesen (Tabelle 25). Die Grundschulkinder stellen sich aber nicht nur die Erschaffung der Menschen vor. Sie erwähnen auch, dass die nicht-menschlichen Lebewesen (z.B. Dinosaurier und andere Lebewesen) erschaffen wurden. Neben den Kernmerkmalen zeigt sich die kreationistische Denkweise auch in den häufig mit dem Schöpfungs-Typ assoziierten Vorstellungen: »Mythologische Figuren als erste Menschen», »Ablehnung der Affenabstammung«, »Sonderstellung der Menschen«, »Konstanz der Lebewesen« (Tabelle 25). Zwei Grundschulkinder (B11, B16) weichen teilweise vom „Schöpfungs-Idealtypus“ ab und zeigen leicht schwankende Züge (z.B. *könnte* sich die Grundschülerin B11, die sonst konsequent kreationistische Vorstellungen äußert und auch die Affenabstammung ablehnt, sich die Affenabstammung dennoch auch irgendwie vorstellen; B11, Abs. 305). Die vier Grundschulkinder, die sich dem Schöpfungs-Typ zuordnen lassen, sind im Durchschnitt 9,5 Jahre alt und haben einen muslimischen Sozialisationshintergrund (Tabelle 25). Es handelt sich um zwei weibliche und zwei männliche Probanden, die aus einer Großstadt kommen und außerschulische Islamkurse besuchen.

Der empirisch gebildete **theistische Evolutions-Typ**[13] kommt nur selten vor (B5, B6). Die Grundschulkinder gehen von der Erschaffung der Welt, der ersten Lebewesen bzw. der Erschaffung der Voraussetzungen zur natürlichen Lebensentstehung aus und äußern die Vorstellung, dass die Menschen von Affen abstammen (»Schöpfung der ersten Lebewesen« bzw. »Erschaffung der Lebensvoraussetzungen + Affenabstammung«). Die Kinder äußern weder, dass die Menschen direkt von Gott erschaffen wurden, noch lehnen sie die Affenabstammung an irgendeiner Stelle ab. Die Vorstellung der Affenabstammung steht hier nicht im Gegensatz zur theistischen Auffassung der Welterschaffung. Gott schafft quasi die Bedingungen für die Entstehung und Entwicklung der Lebewesen bzw. hat den Evolutionsprozess irgendwie begleitet. Die evolutionäre Sicht, insbesondere auf den Menschen, zeigt sich auch in den assoziierten Vorstellungen (»Steinzeitmenschen als erste Menschen«, »Affenverwandtschaft«, »Veränderungen im Aussehen der Menschen«, »kulturelle Veränderungen«, »Ordnen der Lebewesen nach der Zeit«). Außerdem sind essentialistische und ontogenetische Denkfiguren mit diesem Typ verknüpft. Die zwei Grundschülerinnen, die zum theistischen Evolutions-Typ gruppiert werden können, sind im Durchschnitt 9,5 Jahre alt, besuchen beide die 4. Klasse, haben einen christlichen Sozialisationshintergrund und gehen im Umland einer Universitätsstadt zur Schule (Tabelle 26).

Grundschulkinder (B1, B7), die dem **schwankenden Typ** zurechenbar sind, wechseln zwischen unterschiedlichen Ursprungskonzepten (»Schöpfung der ersten Lebewesen + naturalistisch-materialistische Entstehung der ersten Lebewesen + Affenabstammung + Erschaffung der Menschen). Die Grundschulkinder äußern, dass die ersten Lebewesen und die Menschen direkt von Gott erschaffen wurden. Hingegen nennen sie auch die Affenabstammung und lehnen die Veränderlichkeit der Lebewesen (einschließlich der

[13] Vertreter dieser Auffassung gehen davon aus, dass sich Evolution und Schöpfung miteinander vereinbaren lassen. Einerseits stellen sich die Vertreter der „theistischen Evolution“ also einen Evolutionsprozess vor, andererseits sprechen sie auch von einer Schöpfung (z.B. „Schöpfung durch Evolution“ bzw. „Schöpfung ist Evolution“). Die „theistische Evolution“ (TE) ist ein Oberbegriff, der ein breites Spektrum an Vorstellungen zusammenfasst. Der Schöpfergott kann je nach Vorstellung ganz unterschiedliche Rollen übernehmen, z.B. stößt Gott als Impulsgeber die Evolution an, hält sie aufrecht oder steuert sie gelegentlich in irgendeiner Art und Weise. In Bezug auf den Ursprung des Universums oder die Entstehung des ersten Lebens stellen sich einige Vertreter ein übernatürliches Ereignis vor, während andere von einem natürlichen Vorgang sprechen, der von Gott „vorprogrammiert“ wurde. Mehrere bekannte Biologen und Vertreter der theistischen Evolution gehen von einer Natur aus, die sich selbst organisiert (Collins 2007, Dobzhansky 1973, Miller 1999). Demnach habe Gott spätestens nach dem Beginn der Evolution nicht mehr aktiv in den Prozess eingegriffen. Dieser Variante der „theistischen Evolution“ wird häufig vorgeworfen eher eine „deistische“ als eine „theistische“ Position zu sein (Harbin 1997). Im Zusammenhang mit der Ansicht der „theistische Evolution“ wurden weitere Bezeichnungen eingeführt (z.B. „BioLogos“, „Evolutionistischer Kreationismus“).

Menschen) nicht ab. Geäußerte Veränderungen können sie sich nicht näher erklären, weder naturalistisch noch theistisch. Eine theistisch ausgerichtete Evolutionsvorstellung ist beim schwankenden Typ nicht zu erkennen. Der schwankende Charakter des Typs zeigt sich auch darin, dass beide Grundschulkinder sowohl »mythologische Figuren« als auch »Steinzeitmenschen« als erste Menschen angeben. Beide Grundschulkinder, die zum schwankenden Typ gehören, ordnen die Lebewesen nach mehreren Ordnungskriterien (nach der Größe und nach der Zeit). Während eins der Kinder die Figuren danach ordnet „*wann die Tiere erschaffen worden sind*" (B7, Abs. 71), ordnet das andere Kind die Figuren „*wie sich die Tiere entwickelt haben*" (B1, Abs. 69). Die Grundschülerin und der Grundschüler, die dem schwankenden Typ zugeordnet werden können, sind im Durchschnitt 9,5 Jahre alt (3./4. Klasse), haben einen christlichen Sozialisationshintergrund und gehen in urbanen/suburbanen Gebieten zur Schule (Tabelle 26).

Tabelle 25: Der Evolutions-Typ und Schöpfungs-Typ mit häufig assoziierten Vorstellungen

<table>
<tr><th colspan="3">Der Evolutions-Typ</th><th colspan="3">Der Schöpfungs-Typ</th></tr>
<tr><td colspan="3">B2, B3, B4, B12, B13, B14, B15, B8, B17</td><td colspan="3">B9, B10, B16, B11</td></tr>
<tr><td colspan="3">Durchschnittsalter: 9,4 Jahre</td><td colspan="3">Durchschnittsalter: 9,5 Jahre</td></tr>
<tr><td>Geschlecht
Weiblich (n=5)
Männlich (n=4)</td><td>Klasse
3.Klasse (n=4)
4. Klasse (n=5)</td><td>Hintergrund
Divers
Urban/Land</td><td>Geschlecht
Weiblich (n=2)
Männlich (n=2)</td><td>Klasse
3.Klasse (n=1)
4. Klasse (n=3)</td><td>Hintergrund
Muslimisch
Urban</td></tr>
<tr><td colspan="3">Charakterisierende Merkmalskombination
Naturalistisch-materialistische Entstehung der ersten Lebewesen
Affenabstammung</td><td colspan="3">Charakterisierende Merkmalskombination
Schöpfung der ersten Lebewesen
Erschaffung der ersten Menschen</td></tr>
<tr><td colspan="3">Häufig assoziierte Vorstellungen

Evolution im Allgemeinen:
Wasserlebewesen/Kleinstlebewesen als erste Lebewesen (n=5)
Veränderlichkeit der Lebewesen (n=9)
Erschließung neuer Lebensräume (n=7)
Erklärung der Veränderungen durch externe Auslöser (n=4)
Ordnen nach der Zeit (n=8)
Humanevolution:
Steinzeitmenschen als erste Menschen (n=9)
Affen als menschenähnlichste Lebewesen (n=9)
Ähnlichkeiten im Aussehen zwischen Menschen und Affen (n=8)
Ähnlichkeiten in der Fortbewegung bzw. Körperhaltung zwischen Menschen und Affen (n=6)
Unterschiede im Aussehen zwischen Menschen und Affen (n=8)
Kulturelle Leistungen als Unterschied (n=6)
Variative Auswahl (n=6) und Beschreibung (n=9) der Schimpansen
Begründung der Variation: Verweis auf die Menschen (n=6)
Erklärung der Variation: Variation durch die Eltern (n=5)
Bewertung der Variation: Varianten als Ausreißer (n=3)
Kulturelle Veränderungen (n=9)
Veränderungen im Aussehen (n=8) und in der Fortbewegung (n=6) der Menschen
Zukünftige Veränderungen (n=6)</td><td colspan="3">Häufig assoziierte Vorstellungen

Evolution im Allgemeinen:
Primaten (Menschen) als erste Lebewesen (n=3)
Konstanz der Lebewesen (Essentialismus) (n=3)
Ordnen nach Größe (n=2)
Humanevolution:
Mythologische Figuren als erste Menschen (n=4)
Ablehnung der Affenabstammung (n=4)
Sonderstellung des Menschen (n=4)
Affen als menschenähnlichste Lebewesen (n=3)
Ähnlichkeiten im Aussehen zwischen Menschen & Affen (n=4)
Rede-und Sprachfähigkeit als Unterschied zwischen Menschen und Affe (n=3)
Variative Auswahl und Beschreibung der Schimpansen (n=4)
Begründung der Variation: Verweis auf die Menschen (n=2)
Erklärung der Variation: Variation durch die Eltern (n=2)
Bewertung der Variation: Varianten als andere Arten (n=2)</td></tr>
</table>

Tabelle 26: Der Schwankungs-Typ und der theistische Evolutions-Typ mit häufig assoziierten Vorstellungen

<table>
<tr><th colspan="3">Der Schwankungs-Typ</th><th colspan="3">Der theistische Evolutions-Typ</th></tr>
<tr><td colspan="3">B1, B7</td><td colspan="3">B6, B5</td></tr>
<tr><td colspan="3">Durchschnittsalter: 9,5 Jahre</td><td colspan="3">Durchschnittsalter: 9,5 Jahre</td></tr>
<tr><td>Geschlecht
Weiblich (n=1)
Männlich (n=1)</td><td>Klasse
3.Klasse (n=1)
4. Klasse (n=1)</td><td>Hintergrund
Christlich
(Sub-)urban</td><td>Geschlecht
Weiblich (n=2)</td><td>Klasse
4. Klasse (n=2)</td><td>Hintergrund
Christlich
Suburban</td></tr>
<tr><td colspan="3">Charakterisierende Merkmalskombination
• Schöpfung der ersten Lebewesen + naturalistisch-materialistische Entstehung
• Erschaffung der Menschen + Affenabstammung</td><td colspan="3">Charakterisierende Merkmalskombination
• Schöpfung der ersten Lebewesen bzw. Erschaffung der Lebensvoraussetzungen
• Affenabstammung</td></tr>
<tr><td colspan="3">Häufig assoziierte Vorstellungen
Evolution im Allgemeinen
• Veränderlichkeit der Lebewesen (n=2)
• Keine Erklärung zu den Veränderungen (n=2)
• Ordnen nach der Zeit und Größe (n=2)
Humanevolution
• Mythologische Figuren und Steinzeitmenschen als erste Menschen (n=2)
• Affen als menschenähnlichste Lebewesen (n=2)
• Sonderstellung des Menschen (n=2)
• Der Mensch als Störenfried (n=2)
• Ähnlichkeiten im Aussehen zwischen Menschen und Affen (n=2)
• Variative und typologische Beschreibungen der Schimpansen (n=2)
• Kulturevolution (n=2)
• Veränderungen im Aussehen der Menschen (n=2)</td><td colspan="3">Häufig assoziierte Vorstellungen:
Evolution im Allgemeinen:
• Essentialismus und Veränderungen während der Individualentwicklung (n=2)
• Ordnen nach der Zeit (n=2)
Humanevolution:
• Steinzeitmenschen als erste Menschen (n=2)
• Sonderstellung des Menschen (n=2)
• Affen als menschenähnlichste Lebewesen (n=2)
• Affenverwandtschaft (n=2)
• Unterschiede im Aussehen zwischen Menschen und Affen (n=2)
• Variative und typologische Beschreibungen der Schimpansen (n=2)
• Bewertung der Variation: Varianten als Ausreißer & Defekte (n=2)
• Kulturelle Veränderungen (n=2)
• Veränderungen im Aussehen der Menschen (n=2)</td></tr>
</table>

7.1.4 Ergebnisse der vertiefenden Einzelfallanalysen

Im Folgenden werden vier Grundschulkinder näher betrachtet, die stellvertretend für die vier Typen stehen. Die vertiefenden Einzelfallanalysen sollen einen Blick auf die Ganzheit und Vielschichtigkeit der individuellen Vorstellungswelten der befragten Kinder geben. Bei der Einzelfallanalyse bilden die gebildeten Kategorien aus dem Kategoriensystem I und II das Gerüst der Analyse. Anschließend werden auf der Grundlage der Einzelfallanalysen *typenspezifische* und auf der Grundlage der fallübergreifenden Analysen *typenübergreifende* didaktische Ansatzpunkte für die Vermittlung evolutionsbiologischer Inhalte im Primarbereich dargestellt.

7.1.4.1 Der Evolutions-Typ

Der Grundschüler Paul (**B3**) ist acht Jahre alt und besucht die dritte Klasse einer Grundschule, die in einer mittelhessischen Universitätsstadt liegt. Paul beschreibt sich selbst als nicht religiös. Das Interview dauerte 54 Minuten.

Vorstellungen von Paul zur Evolution im Allgemeinen

Paul stellt sich die frühesten Lebewesen außerordentlich klein vor (Abbildung 24). Er nennt „*kleine Wasserpflanzen*“ (kleine Algen), die dadurch charakterisiert sind, dass sie wie Bäume rumstehen und sich nicht wie Tiere bewegen (Abs. 3, 21). Paul gibt beim Zeichnen der ersten Lebewesen zu, dass er zwar viele Dinosauriernamen kennt, aber Schwierigkeiten hat, einen Namen für die Urlebewesen zu finden (Abs. 9). Dessen ungeachtet ist Paul sich aber sicher, dass die frühesten Organismen kleine Wasserlebewesen waren. Er spricht konkret von *„Bakterien“* (die man gar nicht sehen kann) und „*Plankton*“: „*Ich könnt mir gut vorstellen, dass Plankton auch eins der ganz ganz alten Lebewesen ist, das ist auch ich glaub so, das ist halt so ein ganz kleines Ding, was man gar nicht sehen kann*“ (Abs. 29).

Auf die Frage nach der Entstehung der ersten Lebewesen greift Paul auf keine übernatürlichen Erklärungen zurück. Er ist sich „*ganz sicher*“, dass das Leben irgendwie im Wasser entstanden ist (Abs. 17). *Wie* genau das vor sich ging, kann Paul aber nicht sagen. Im Verlauf der Erdgeschichte haben sich die Lebewesen verändert. Davon ist Paul überzeugt. Für ihn unterscheiden sich die heutigen Verhältnisse auf der Erde ganz deutlich von den Verhältnissen in der Erdfrühzeit. Pauls Vorstellung entsprechend gab es früher weder Lebewesen auf dem Land noch in der Luft. Lebewesen haben sich

„*weiterentwickelt*“ und sehen jetzt anders aus als früher (Abs. 33). Paul hat also keine Zweifel am *Unterschiedlich-Werden* der Organismen im Laufe der Erdgeschichte.

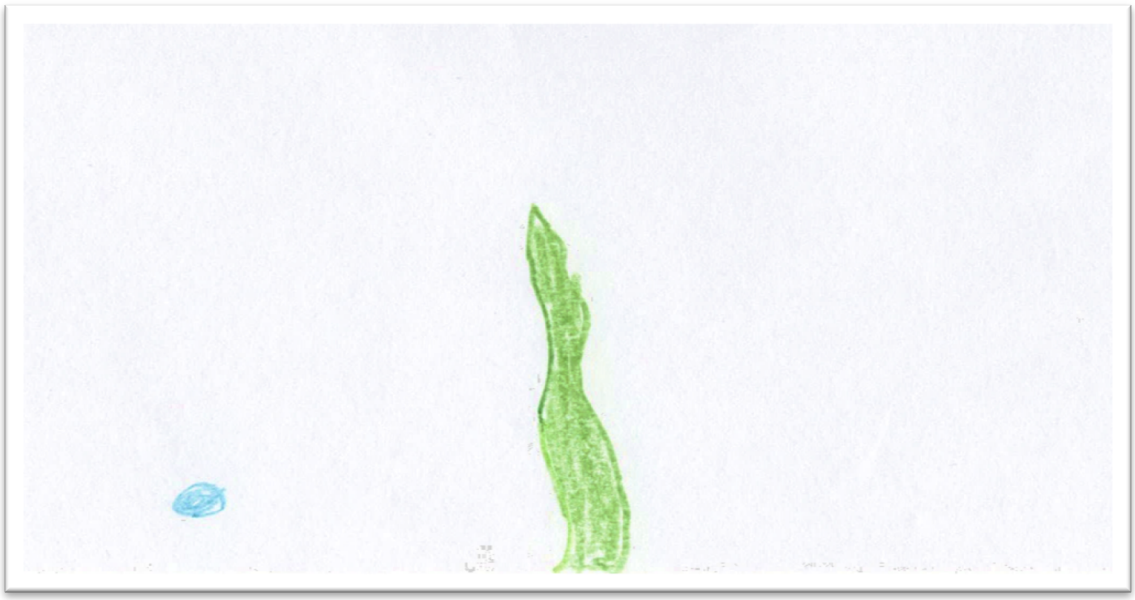


Abbildung 24: Kleine Wasserlebewesen als früheste Lebewesen. Paul (B3) zeichnet als Lebewesen der Erdfrühzeit Kleinst- und Wasserlebewesen. Im Zentrum der Kinderzeichnung steht eine kleine Pflanze (grün), die im Wasser, ähnlich wie ein Baum „unten auf dem Boden“ steht. Der blaue Punkt (links) steht stellvertretend für „kleine blaue Teile im Wasser [...] vielleicht irgendwie eine Bakterie“ (B3, Abs. 3-27).

Auch ohne direkte Fragen äußert Paul Vorstellungen, die sein Evolutionsdenken verdeutlichen. Zum Beispiel erwähnt er, dass früher (in der Dinosaurierzeit) die Farnpflanzen viel höher waren als heute (Abs. 41). Auch erwähnt er, dass „das Huhn“ von einem kleinen Dinosaurier abstammt:

> „Zum Beispiel das Huhn ist von dem Pachy/ ne nicht Pachycephalosaurus, von so einem anderen, das Huhn stammt von irgend so einem ganz kleinen, wie heißt der nochmal? Ich weiß nicht mehr, das war so, der Dinosaurier war so klein, der stammt vom Huhn, äh ne, das Huhn stammt von dem ab, ja genau“ (Abs. 69).

Bereits im ersten Teil des Interviews spricht Paul die Affenabstammung an (ohne dass nach der Herkunft der Menschen gefragt wurde): „*Also der Mensch ist ja auch aus dem Affen gekommen ganz früher*“ (Abs. 35). Er beruft sich dabei auf die Aussagen „mancher Forscher“ und „Wissenschaftler“ (Abs. 35). Sehr unsicher ist sich Paul bei der Erklärung des Evolutionsgeschehens. Die Veränderungen der Lebewesen in der Erdgeschichte kann er sich kaum erklären. Er greift auf externe (natürliche) Faktoren zurück, die den Wandel der Organismen gesteuert haben könnten. Das Kleinerwerden der Farne begründet er zum

Beispiel mit dem Meteorit, der die Dinosaurier auslöschte:

> „Vielleicht auch durch den Meteorit oder der da gekommen ist in der Dinosaurierzeit, da fast alle Dinosaurier ausgelöscht hat und die jetzt fast alle tot sind. Es gibt noch ein paar Nachkommen, aber, ja also, das ist glaub ich vielleicht, ich weiß es nicht, aber vielleicht ist er auch wegen dem Meteorit kleiner geworden irgendwie oder so“ (Abs. 41-45).

In Bezug auf die von ihm angesprochene Humanevolution ist es für ihn auch vorstellbar, dass das Dazulernen neuer Sachen mit den Veränderungen zusammenhängen könnte (Abs. 35).

Die Lebewesen ordnen Paul nach der Zeit („*von alt zu neu*“). Im Laufe des Ordnungsprozesses verändert er die Anordnung der Figuren teilweise wieder. Zunächst stellt er die Farn-Figur an den Anfang. Darauf folgen die Totenkopfäffchen. Mit dieser Anordnung ist Paul aber unzufrieden. Die Anordnung entspricht nämlich nicht seiner Vorstellung über die Lebewesen der Erdfrühzeit. Schließlich ist die Farn-Figur ja „keine Wasserpflanze“ und das kleine Totenkopfäffchen ein „Landtier“ und kein Wassertier (Abs. 61). Hier wird erkennbar, dass für Paul der Lebensraum ein wichtiges Hilfskriterium darstellt, um die Lebewesen zeitlich zu ordnen. Daher lässt Paul den Wal, den er als Wassertier bezeichnet, erdgeschichtlich vor den Totenkopfäffchen und den Farnpflanzen auftreten, „*weil das Leben hat ja im Wasser begonnen*“ (Abs. 61). Die Farn-Figur und die Totenkopfäffchen-Figur stellt er schließlich zwischen die Orca-Figur und die Dino-Figur. Seiner Vorstellung entsprechend gab es die Totenkopfäffchen schon „*vor den Dinosauriern*“ (Abs. 61). Dinosaurier gehören für ihn also nicht zu den allersten Lebewesen.

Am Ende des Ordnungsprozesses steht schließlich die Schildkröte am Anfang der zeitlichen Anordnung. Die Schildkröte fasst Paul als „Wasserlebewesen“ auf. Darauf folgen zeitlich nacheinander betrachtet die folgenden Figuren: die Orca-Figur, die Farn-Figur, die Totenkopfäffchen-Figur, die Dinosaurier-Figur, die Weißkopfseeadler-Figur, die Schlangen-Figur, die Giraffen-Figur, die Gibbon-Figur, die Orang-Utan-Figur, die Bonobo-Figur, die Gorilla-Figur, die Schimpansen-Figur und schließlich die Menschen-Figur. Paul ist sich „ganz sicher“, dass der Mensch zeitlich gesehen ganz am Ende der Erdgeschichte steht: „*Also der Mensch (nimmt die Menschen-Figur), der lebt ja jetzt und (...) halt das der ganz neue, wir sind GANZ hinten von der Erde, es gibt ganz viele Millionen, mehr glaub ich sogar noch, Milliarden Jahre vielleicht und wie die Erde*

entstanden ist und so, aber wir sind ganz ganz ganz ganz ganz hinten, wir Menschen, also wir“ (Abs. 57). Paul nutzt beim zeitlichen Ordnen (wie mehrere andere befragte Grundschulkinder auch) die Menschen als Bezugspunkt und betrachtet sie als Ziel- und Endpunkt der Evolution. Bei der konkreten zeitlichen Einschätzung der Erd- und Evolutionsgeschichte ist Paul sich zwar unsicher und nicht sehr präzise, geht aber bereits mit höheren Zahlenwerten um („*ganz viele Millionen*“ bzw. *Milliarden Jahre*“).

Im Zusammenhang mit dem zeitlichen Ordnen der Lebewesen ist bei ihm auch das Ordnen nach systematischen Gruppen erkennbar. Paul ist nämlich der Auffassung, dass die Affen „*zusammengehören*“ (Abs. 59). In Bezug auf die Schimpansen-Figur und die Gorilla-Figur spricht er von der gleichen „*Rasse von Affen*“ (Abs. 59). Er stellt alle Menschenaffen-Figuren hintereinander *vor* die Menschen-Figur und kommentiert: „*Wir stammen ja von Affen ab*“ (Abs. 59). Auffällig ist hierbei, dass Paul die rezenten Menschenaffen in einer Reihe zum Menschen hingerichtet anordnet, was sein geradliniges und zielgerichtetes Evolutionsverständnis verdeutlicht.

Pauls Vorstellungen zu den Menschen und Affen als Teil der Erdgeschichte

Die im zweiten Interviewteil geäußerten Vorstellungen zur Humanevolution stehen im Einklang mit den Vorstellungen, die Paul bereits im ersten Interviewteil angesprochen hat. Auf die Frage, welche Lebewesen den Menschen am meisten ähneln, antwortet Paul ganz sicher mit: „*Die Affen*“ (Abs. 71). Er präzisiert seine Vorstellung dann noch weiter und spricht von den „*Menschenaffen*“ (Abs. 73). Unter den Menschenaffen versteht er sehr menschenähnliche Lebewesen, einschließlich der Mensch selbst. Paul trifft die Feststellung, dass die Menschen zu den Menschenaffen gehören, weil der Mensch von den Menschenaffen abstammt. Seiner Vorstellung nach gehören die Menschen, Schimpansen und Gorillas zu den Menschenaffen (Abs. 84-93). Orang-Utans und Gibbons nennt Paul nicht als Menschenaffen. Paul ist sich bewusst, dass die Ähnlichkeiten der Menschenaffen abgestuft sind, also nicht alle Affen gleichermaßen menschenähnlich sind. Von den Menschenaffen wirken auf ihn die Schimpansen und Bonobos am menschenähnlichsten. Die Gorillas erscheinen ihm ebenfalls sehr menschenähnlich, allerdings nicht ganz so ähnlich wie die Schimpansen (Abs. 73). Die große Ähnlichkeit zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen begründet Paul mit der Abstammung („*weil der Mensch ja vom Affen abstammt*“; Abs. 77). Die gemeinsame Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahren nennt Paul nicht. Er hat ein lineares

Verständnis der Humanevolution, wobei die menschenähnlichsten rezenten Affen die direkten Vorfahren der Menschen darstellen (Abs. 59). In Pauls Vorstellungswelt stehen die Menschen und die nicht-menschlichen Affen also sehr nahe zueinander. Indes ist Paul der Auffassung, dass das Verhältnis zwischen ihnen in der Vergangenheit noch enger war, da die „Steinzeitmenschen" den Affen noch stärker ähnelten (Abs. 97). Gleichwohl ist das Verhältnis zwischen Menschen und Affen auch durch Spannungen gekennzeichnet. Die Menschen bezeichnet Paul als „*Jäger*", die „*viele Affen getötet*" haben (Abs. 117).

Beim Mensch-Affen-Vergleich nennt Paul nicht nur ähnliche morphologische Merkmale (Kopf, Ohren, Beine, Zehen), sondern auch Ähnlichkeiten in der Fortbewegung, im Verhalten und in den geistig-kognitiven Fähigkeiten: „*Die Affen sind auch schlaue Tiere würde ich jetzt mal sagen, also für ein Tier halt, sind sie sehr schlau, sie können auch manche Sachen betätigen [...] zum Beispiel manche Knöpfe vielleicht und (...) der Affe ist ziemlich intelligent*" (Abs. 75). Obgleich er die geistigen Fähigkeiten der Affen betont, schätzt Paul die geistig-kognitiven Fähigkeiten der Menschen höher ein. Menschen sind seiner Meinung nach intelligenter als die nicht-menschlichen Affen, was sich auch in den zahlreichen Kulturleistungen bemerkbar macht (Abs. 79, 93). Die Affen sind schmutziger und wilder als die Menschen, teilweise auch größer, breiter und stärker, insbesondere die Gorillas (Abs. 75, 93).

Wie auch andere befragte Grundschulkinder hält Paul die Variation innerhalb einer Schimpansen-Population für selbstverständlich. Bei der Bildkartenauswahl der Schimpansen wählt Paul drei unterschiedliche Schimpansen-Bildkarten aus: die helle Schimpansen-Variante (H) sowie zwei verschiedene intermediäre hell-dunkel Varianten (2xDH1, 1xDH2). Die dunkle Schimpansen-Variante (D) legte Paul nicht in die Bildkarten-Vorlage. Die biologische Variation begründet Paul, indem er auf die Menschen verweist, die schließlich auch unterschiedlich aussehen. Außerdem gibt Paul an, dass er im Zoo bereits unterschiedliche Schimpansen gesehen habe: „*Also ich würde jetzt nicht denken, dass alle genau so aussehen (legt 2x die Bildkarte D in die Vorlage). Das wäre, dann würden sie ja alle genau gleich aussehen. Ich würde denken, dass sie so auch unterschiedlich sind, so wie die Menschen, jetzt ist ja nicht jeder genau gleich (...) auch im Zoo habe ich das schon mal gesehen, die sehen alle ganz unterschiedlich aus*" (Abs. 140). Das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen führt Paul auf die Eltern zurück: „*Ist ja*

eigentlich genauso wie beim Mensch, der Mensch sieht ja jetzt, wenn ein neues Kind geboren wird, sieht das ja jetzt nicht genauso aus wie ein anderes Kind, außer es sind Zwillinge, aber da sehen sie auch nicht immer genau gleich aus [...] vielleicht haben sie so ein bisschen von der Mutter und ein bisschen vom Vater" (Abs. 144-148). In der naiven Vererbungsvorstellung von Paul steht nicht die Ähnlichkeit der Nachkommen mit ihren Eltern im Vordergrund, sondern das Erscheinen von Abweichungen. Das Auftauchen von neuen Merkmalen stellt für Paul kein Problem dar. Selbst bei der weißen Schimpansen-Variante (Schimpanse mit weißem Fell) ist sich Paul „*fast sicher*", dass es sich bei dem Mutanten um einen Schimpansen handelt (Abs. 150-152).

Paul sieht einen Zusammenhang zwischen dem Aussehen und dem Lebensraum, in welchem die Schimpansen leben. Zwischen den Zeilen lässt sich hier ein naives Konzept der Angepasstheit erkennen. So assoziiert Paul mit dem „weißen" Schimpansen andere klimatische Bedingungen als mit den „dunkleren" Schimpansen:

> „Der hat weißes Fell? Das ist schon mal was Besonderes, ich glaub der lebt in kälteren, in kalten Ländern. Also jetzt nicht so in ganz warmen wie da, sondern ich würde denken in kälteren, auch nicht ganz kalten, so jetzt nicht am Nordpol oder so, sondern, aber halt an kälteren. So wie in vielleicht in der Nähe von Russland oder so" (Abs. 152).

Bei den ersten Menschen denkt Paul an Steinzeitmenschen. Das Erste, was wir von Paul zu den ersten Menschen erfahren, ist, dass diese noch keine Kleidung anhatten (Abs. 160). Tierfelle als Bekleidung wurden erst später genutzt. Paul spricht in diesem Zusammenhang von den „Neandertalern". Sein Interesse konzertiert sich speziell auf die Beherrschung des Feuers. Mehrmals im Interviewgespräch geht Paul im Zusammenhang mit den Steinzeitmenschen auf das Feuer ein (Abs. 160, 164, 172). Nach Pauls Vorstellung aßen die ersten Menschen anfangs noch rohes, krankmachendes Fleisch. Erst später haben sie dann Fleisch gegrillt und gemerkt, „*dass das viel besser schmeckt und auch viel besser zu zerbeißen geht"* (Abs. 164). Die ersten Menschen waren nach Pauls Auffassung nach „*nicht dumm*", sondern „*ganz schlau*", aber eben auch nicht so schlau und ideenreich wie die Jetztmenschen mit ihren kulturellen Leistungen und ihrem ausgeprägten Wissensfundus (Abs. 166). Neben den geistigen und kulturellen Veränderungen im Laufe der Menschheitsgeschichte geht Paul auch von Veränderungen in der Fortbewegung aus. In Pauls Vorstellungswelt zur Humanevolution liefen die ersten Menschen noch nicht aufrecht, sondern affenähnlich in gebückter Haltung (Abs. 164).

Die Affenabstammung des Menschen ist für Paul gewiss. Diese Vorstellung äußert er im Interview mehrmals (u.a. Abs. 95, 172, 176). Religiöse Glaubensvorstellungen zum Ursprung der Menschen lehnt er ab: „*Ich glaub, dass das alles, dass das jetzt so halt, dass die Menschen vom Affen abstammen und nicht, dass Gott das erschaffen hat*“ (Abs. 182). Zur Affenabstammung verfügt Paul über die Fehlvorstellung, dass die Menschen von den heutigen Menschenaffen (Schimpansen oder Gorillas) abstammen (Abs. 59, 69). Bei Nachfragen kann Paul den Ablauf der Humanevolution und die Affenabstammung nicht näher erklären:

> „Die Abstammung? Habe ich nie so drüber nachgedacht. Irgendwie, vielleicht hat der Affe ja irgendwie neue Sachen gelernt und dadurch ist ihm irgendwie Fell abgefallen oder so und ist intelligenter geworden oder so. Weiß nicht. Die Steinzeitmenschen ähneln ja noch den Affen ganz ganz [...] ich glaub die haben sich einfach so halt in der Zeit halt weiterentwickelt [...] Könnte sein, vielleicht dadurch, dass die intelligenter geworden sind und irgendwie am Feuer saßen oder irgendwie sowas. Vielleicht ist dem dann irgendwie das Fell abgefallen oder irgendetwas ist passiert, irgendetwas Besonderes“ (Abs. 97).

Paul stellt sich eine gleichzeitige Transformation mehrerer (aber auch einzelner Affen) vor. Er äußert sich diesbezüglich nur knapp und andeutend: „*Irgendwie halt bei vielen [Affen], also so nacheinander halt, also nicht jetzt der eine entwickelt sich weiter, dann der andere, sondern irgendwie halt so manche gleichzeitig manche aber auch alleine oder so, so halt unterschiedlich*“ (Abs. 119).

Aus wissenschaftlicher Perspektive sind Pauls Vorstellungen zur Affenabstammung sowie zu den Mechanismen der Evolution noch äußerst bruchstückhaft und fehlerbehaftet. Auch sein zeitliches Evolutionsverständnis ist sehr unausgereift. Für die Entwicklung zum Steinzeitmenschen gibt Paul lediglich 100-300 Jahre an. Er ist sich diesbezüglich sehr unsicher (Abs. 103). Paul geht von zukünftigen Veränderungen aus. Er nennt hier vor allem technische Innovationen wie „*fliegende Autos*“, „*fliegende Häuser*“ und „*Zeitmaschinen*“ (Abs. 188). Paul ist aber auch skeptisch bezüglich der Zukunft der Menschheit. In 1000 Jahren wird es die Menschen vielleicht gar nicht mehr geben, so Paul. „*Dann wird es nämlich zu heiß auf der Erde und dann sterben wir*“ (B3, Abs. 188).

Zurückkommend auf die ersten Lebewesen, die Paul gezeichnet hat, wurde ihm zum Schluss des Interviews die Frage gestellt, ob „er“ denn von den ersten Lebewesen abstammt. Den großen evolutionären Zusammenhang zwischen den frühesten Lebewesen

und ihm persönlich, beschreibt er wie folgt:

> „Ja, also ich könnte denken, dass das alles so irgendwie so zusammenhängt, also könnte denken schon, ja (...) also ich jetzt nicht direkt, dass ist klar, aber meine ganz Ur Ur Ur und immer so weiter irgendwann wird das schon irgendwie zusammenhängen, ich glaub das hängt irgendwie zusammen, also (...) das ist, das ist so eine ganz ganz ganz lange Kette glaub ich, also so wie ne ganz ganz lange Kette, wo dann so jetzt der Mensch von heute, vielleicht Affe und immer so weiter und dann vielleicht auch irgendwann das da (zeigt auf seine Zeichnung)“ (Abs. 194).

Woher stammen Pauls Evolutionsvorstellungen?

Paul gibt mehrmals Fernsehsendungen als Vorstellungsquelle an, aber auch Bücher nennt er: „*Ich komme darauf aus Wissenssendungen und auch aus Wissensbüchern und auch weil ich das einfach denken würde, weil das haben mir auch schon viele gesagt und ich würde das halt auch denken*“ (Abs. 196). In seinen Vorstellungsquellen dominiert der Wissensbegriff. Er spricht von „*Wissenschaftlern*“, von „*Wissenssendungen*“ und von „*Wissensbüchern*“ (Abs. 35, 152, 196). Konkret gibt er an, dass er früher immer das Entdeckermagazin „*pur*$^{+}$“ geschaut hat. Mittlerweile schaut Paul regelmäßig das Wissensmagazin „*Galileo*“. Sein großes Interesse am Themenfeld Evolution zeigt sich auch darin, dass Paul seine „Freunde“ und „Eltern“ immer wieder zum Thema befragte. Bereits „*vor langer Zeit schon*“, als er 6 Jahre alt war, stellte er sich Fragen zum Themenfeld Evolution (Abs. 202). Außerdem besucht er außerschulische Lernorte wie den Zoo (Abs. 140). Den Sachunterricht gibt Paul nicht als Vorstellungsquelle an.

7.1.4.2 Der Schöpfungs-Typ

Der Grundschüler Achmed (**B10**) ist zehn Jahre alt und geht in die vierte Grundschulklasse. Er hat einen Migrationshintergrund und lebt in einer hessischen Großstadt. Er beschreibt sich selbst als religiös. Achmed besucht regelmäßig einen außerschulischen Islamunterricht. Auch unmittelbar vor dem Interview nahm er daran teil. Das Interview mit Achmed dauerte 45 Minuten.

Vorstellungen von Achmed zur Evolution im Allgemeinen

In Achmeds Vorstellungswelt existieren folgende „Arten von Lebewesen“: die Dschinn, die Engel, die Menschen und die Tiere. Schon gleich zu Beginn des Interviews wird der Einfluss von Achmeds islamischen Glauben auf seine Vorstellungen zur Naturgeschichte deutlich. Achmed beginnt mit der Feststellung: „*Das erste Lebewesen war das Dschinn*“

(Abs. 3). Zeichnen kann Achmed die Dschinn nicht. Er hat sie noch nie gesehen (Abs. 7). Nach den Dschinn kamen die Urzeittiere und die Menschen (Abs. 17). Unter Urzeittieren versteht Achmed „*Dinosaurier*“, „*Mammuts*“ und „*Säbelzahntiger*“ (Abs. 17). Im weiteren Verlauf des Interviews wird deutlich, dass Achmed glaubt, dass die Dinosaurier und die Menschen (Adam und Eva) zur gleichen Zeit gelebt haben (Abs. 42-43; 286-287). Im Paradies gab es auch Pflanzen, die den Zweck erfüllten, dass die Menschen und Tiere atmen konnten (Abs. 55-57). Auf Nachfrage wird deutlich, dass nach Achmeds Vorstellung nicht alle „Urzeittiere“ in der Zeit lebten als die Dinosaurier, Menschen und Pflanzen die Erde besiedelten. Säbelzahntiger lebten damals noch nicht (Abs. 39-43). Offenbar stellt sich Achmed eine zeitlich gestaffelte Schöpfung vor. Die Urzeit stellt sich Achmed mit „*Dinosaurier oder sowas*“ vor (Abs. 41) In Bezug auf die Frage nach der Entstehung der Lebewesen steht für Achmed fest: Alle Lebewesen wurden von Allah erschaffen (Abs. 21, 263, 289, 305). Allerdings kann er nicht weiter erklären, *wie* das geschehen sein soll: „*Das macht der Allah von alleine*“ (Abs. 27).

Das essentialistische Denken ist in Achmeds Vorstellungswelt tief verwurzelt. Das wird an mehreren Beispielen deutlich. Zum Beispiel stellt Achmed beim Vergleich von Löwen und Säbelzahntigern die Essenz der Lebewesen in den Vordergrund. So sieht er im Löwen eine „*Kopie*“ vom Säbelzahntiger, der nur etwas kleiner ist, nicht ganz so lange Zähne hat und richtig gut brüllen kann (Abs. 51-53). Von einem gemeinsamen evolutionären Ursprung und einem Unterschiedlich-Werden der Katzenartigen geht Achmed nicht aus: „*Allah hat sie so geschafft*“ – zu unterschiedlichen Zeiten (Abs. 59-61). Entsprechend dieser Vorstellung sind sich Löwen und Säbelzahntiger nicht aufgrund der gemeinsamen Abstammung so ähnlich (Abstammungsähnlichkeit), sondern, „*weil Allah sie so geschaffen hat“* (Abs. 65). Selbst intraspezifische Veränderung erwähnt Achmed nicht. Er betont vielmehr die Gleichheit und Konstanz der Lebewesen. Dies wird auch bei der Antwort auf die Frage, wieso die Giraffen so einen langen Hals haben, deutlich. Achmed erklärt den langen Giraffenhals rein funktional, ohne dabei von einem generationsübergreifenden Verschiedenartig-Werden auszugehen:

> „In der Safari gibt Affenbrotbäume, die sind richtig lang und die können ja nicht essen, dann müssen wie sie richtig kleine Büsche suchen und das ist dann langweilig, aber, wenn die Giraffen so lange Hälse haben, dann können sie von oben und unten und so weiter gehen“ (Abs. 255).

Ein Unterschiedlich-Werden bezieht Achmed ausschließlich auf die Individual-

entwicklung: „*Zum Beispiel eine normale Giraffe hat zum Beispiel ein sozusagen 5 Meter langen Hals, aber ein Neugeborenes hat zum Beispiel so 2,5 Meter einen Hals*“ (Abs. 257). Zur Entstehung der Giraffen trifft Achmed für seine Weltsicht typische Feststellung: „*Von Allah*“ (Abs. 261). Das Aussterben der Dinosaurier und die damit einhergehenden Veränderungen und Neuerungen stehen in keinem Widerspruch zu Achmeds Schöpfungsvorstellungen. Ganz im Gegenteil: „*Der Allah hat es nur ein bisschen gewechselt*“ (Abs. 183). Achmed spricht von einer „*neuen Welt*“, die aber die „*gleiche*“ ist (Abs. 183). Während offenbar in der alten Welt die Säbelzahntiger erschaffen wurden, kamen in der neuen Welt (nach dem Aussterben der Dinosaurier) die Löwen und die „richtigen Menschen“ dazu (Abs. 183). Es bleibt allerdings unklar, was Achmed unter den „richtigen Menschen“ versteht. Möglicherweise möchte Achmed die Jetztmenschen von den ersten Menschen (Adam und Eva) abgrenzen, die aus dem Paradies vertrieben wurden (Abs. 39).

Im Unterschied zu Paul (B3) ordnet Achmed die Lebewesen (Figuren) nicht nach der Zeit, sondern nach der Größe und Stärke/Kraft/Gefährlichkeit (Abs. 81). „*So nach Stärke würde ich gerne*“ ordnen, bringt Achmed seine Vorstellung auf den Punkt (Abs. 77). Beim Ordnen rückt Achmed insbesondere das Töten und das Fressen und gefressen werden der Lebewesen in den Vordergrund (Abs. 81, 83, 91). Mit der Benennung der Lebewesen hat Achmed keine großen Schwierigkeiten. Er kennt die meisten Lebewesen. Besonders begeistert ist Achmed von den Schwertwalen. Als besondere Merkmale nennt er die Größe, das Gewicht und das koordinierte Jagdverhalten der Orca:

> „Der Schwertwal, also der Wasserkönig, also man nennt ihn, also der Räuber des Meeres, weil er 10 Meter ist und er, also er kann auch sogar Pottwal töten [...] der kann bis 10 Meter lange werden und 9 Tonnen bis 10 und ja [...] dass der Orca ist richtig schlau und der, die sind in Gruppen haben richtig viel Techniken gegen zum Beispiel ein Pinguin hat kein Chance. Die machen, die sind zum Beispiel 5 in einer Gruppe, zwei machen Welle und da fällt der Pinguin um und einer isst ihn“ (Abs. 71, 89, 91).

Auf die Nachfrage, ob der Schwertwal ein Fisch ist, antwortet Achmed: „*Ne, das ist ein Säugetier*“ (Abs. 87). Einen evolutionsbiologischen Zusammenhang zwischen Land- und Wassersäugetieren spricht Achmed nicht an. Das ist nicht bei allen Grundschulkindern, die sich dem Schöpfungs-Typ zuordnen lassen, der Fall. Im Unterschied zu Achmed ist bei einer Grundschülerin (B16), die sonst über Schöpfungsvorstellungen verfügt, auch die Vorstellung identifizierbar, dass die Vorfahren der Wale „Landtiere“ waren (B16, Abs. 65).

Der Wal wird an einer späteren Stelle im Interview nochmals bedeutsam, wenn Achmed die Geschichte über einen „Propheten“ erzählt, der von einem Wal verschluckte wurde, den Allah „*vorprogrammierte*“ (Abs. 159). In Achmeds Vorstellungswelt folgt das Leben auf der Erde minutiös dem Plan Allahs, der immer wieder „wundersam“ in die Natur eingreift. Allah kann nicht nur das Verhalten der Tiere steuern, sondern auch bestimmen, wo und wann Pflanzen wachsen (Abs. 159). Es wird deutlich, dass Achmed wortwörtlich an die Geschichten im Koran glaubt. Achmeds Vorstellungen über die Lebewesen und die Naturgeschichte sind ganz entscheidend von seiner „fundamentalistischen“ Denkweise geprägt.

Achmeds Vorstellungen zu den Menschen und Affen als Teil der Erdgeschichte

Auch für Achmed sind die Affen die menschenähnlichsten Lebewesen. Gorillas „*sind fast wie Menschen*“, sagt Achmed (Abs. 95). Er stellt im Interviewgespräch aber auch ganz klar die Sonderstellung der Menschen heraus. Menschen sind „*keine Affen*“ und gehören dementsprechend auch nicht zu den Menschenaffen (Abs. 145-147). Zu den Menschenaffen zählt Achmed die Gorillas und Schimpansen (Abs. 121, 173). Auffällig ist, dass Achmed mit dem Menschenaffen-Begriff anfänglich auch kurz die „*Steinzeitmenschen*“ assoziierte, was darauf hindeutet, dass er mit dem Thema Steinzeit schon in Berührung kam (Abs. 118-119; Abs. 312-317). Auffällig ist aber auch seine Äußerung: „*Also bei Islam gibt es keine Menschenaffen*“. Achmed gibt an, dass er ein „normales“ Buch zum Thema gelesen hat und von daher „*all die Menschenaffen*“ kennt (Abs. 157). Achmed kann diesem „normalen“ Buch aber nur schwerlich sein Vertrauen schenken, weil die darin enthaltenen Inhalte nicht mit seinen religiös geprägten Vorstellungen übereinstimmen (Abs. 301, 311-321). Nach Achmeds Vorstellung wurden die Affen wie auch die Wale von Allah „*vorprogrammiert*“ (Abs. 157-163).

Eine Verwandtschaft zwischen den Menschenaffen verneint Achmed (Abs. 172-173). Obwohl Achmed auch die Ähnlichkeit zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen erkennt, betont er eher die Unterschiede. Insbesondere hebt er den Verstand und die Sprach- und Redefähigkeit der Menschen hervor. Die Menschen können reden und sind „*sehr schlau*“, wohingegen die Affen nicht einmal 1+1 rechnen können (Abs. 99, 105). Allerding konnte Achmed im Zoo mit seinen eigenen Augen beobachten, wie ein Schimpanse und ein Gorilla *sein* Verhalten imitierten. Das hat Achmed nachhaltig beeindruckt (Abs. 151-153). Insgesamt schätzt Achmed die Affen schlauer ein als die

anderen Tiere (z.B. die Giraffen), die ja eigentlich nur trinken, essen und schlafen (Abs. 101). Wieso Menschen und nicht-menschliche Affen sich so ähnlich sind, kann Achmed nicht beantworten. Er findet, es sei „*eine schwere Frage*“ (Abs. 107).

Bei der Bildkartenauswahl der Schimpansen ist sich Achmed unsicher. „*Das ist schwer, die sehen fast alle gleich aus*“, kommentiert Achmed beim Auswählen der Bildkarten. Die helle Schimpansen-Variante (H) bezeichnet Achmed als Schimpanse und die dunkle Schimpansen-Variante (D) als „*Gorilla*“ (Abs. 203). Er wählt zunächst drei unterschiedliche Schimpansen Varianten aus (2xH, 1xDH1, 1xDH2), verändert die Auswahl dann aber noch zwei Mal. Er wechselt insgesamt zwischen einer variativen, dichotomen und einer typologischen Schimpansen-Bildkartenauswahl. Schließlich wählt Achmed viermal die gleiche Schimpansen-Varianten (4xH) und sagt: „*Die sehen wie Chimpanzees aus*“ (Abs.205).

Auf die Frage, ob er sich alle Schimpansen als gleich vorstellt, antwortet Achmed: „*Das weiß ich nicht, also Allah, wenn er das will, dann macht der das“* (Abs. 207). Dann fügt er noch hinzu: „*Also zum Beispiel es gibt große, kleine, es gibt mit Haare, ohne, also ohne, mit Bart, ohne und so weiter“* (Abs. 207). Selbst bei den identisch aussehenden Schimpansen (2xH) stellt er geringfügige Unterschiede fest: „*Weil wenn man zum Beispiel hier ganz gut anguckt (vergleicht zwei gleiche helle Schimpansen-Bildkarten), dann sieht man, dass die hier ganz, richtig hell ist und die ganz, ein bisschen dunkel ist*“ (Abs. 225). Mehrmals gibt er an, dass sich die Schimpansen unterscheiden können (Abs. 223, 227). Die Variation zwischen den Schimpansen-Individuen ist Achmed also durchaus bewusst. Bei der Variation verweist Achmed auch auf die Menschen („*ja wie bei den Menschen*“; Abs. 247). Augenscheinlich ist aber auch Achmeds ausgeprägtes typologisches Denken. Seine typologischen Beschreibungen passen mit seiner typologischen Bildkartenauswahl überein. Die dunkle Schimpansen-Variante grenzt Achmed als Gorilla aus. Der Gorilla hat „*immer*“ so einen dunklen Kopf, stellt Achmed fest (Abs. 205). Und in Bezug auf die hell-dunkle Variante (DH2) spricht er von einer „*anderen Art*“, die er nicht kennt. Die Schimpansen, die er sich prototypisch vorstellt, haben nicht so Augen bzw. Nasen (Abs. 205). In Bezug auf die weiße Schimpansen-Variante (Mutante A) spricht er von einem „*Eis-Affen*“ und ist sich nicht sicher, ob es sich dabei um einen Schimpansen handelt. Er führt das Alter als Begründung für das Unterschiedlich-Sein an: *„Also, wenn es ein Schimpanse, dann wäre er ganz alt [...] jung wäre, wäre er dunkel“* (Abs. 237-239).

Achmed erwägt hier ein Unterschiedlich-Werden im Laufe der Individualentwicklung der Schimpansen. Insgesamt lassen sich Achmeds Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf die Variation wie folgt zusammenfassen: Achmed hat insbesondere dann Schwierigkeiten mit dem Unterschiedlich-Sein der Schimpansen, wenn sie gleichaltrig sind und deutlich von seiner „hellen" Idealtypus-Vorstellung abweichen („dunkle" und „weiße" Schimpansen-Variante).

Als erste Menschen stellt sich Achmed mythologische Figuren vor (Adam und Eva). Adam und Eva betrachtet Achmed als wichtige Propheten (Abs. 270-271), die nicht gezeichnet werden dürfen: *„Aber die kann ich nicht zeichnen. Also eigentlich darf ich keine Propheten malen. Das ist so bei meiner Religion"* (Abs. 267). Adam und Eva kann sich Achmed „*nicht vorstellen*" (Abs. 275). Er kann nicht sagen, ob sie bekleidet waren oder nicht. Alles was Achmed zu den ersten Menschen sagen kann, ist, dass sie „*normale*" Menschen waren, die ungefähr so ausgesehen haben wie wir (Abs. 280-281). In Bezug auf die Entstehung der Menschen wiederholt Achmed seine Schöpfungsvorstellung: „*Alles ist von Allah erstanden, sogar Menschen*" (Abs. 263). Die Affenabstammung lehnt er ab: „*Das glauben manche Menschen, aber unsere Religion glaubt es nicht"* (Abs. 301). Die Affenabstammung hält Achmed für „*falsch*" (Abs. 303). Wenn sich Menschen aus den Affen entwickelt hätten, dann dürfte es heute keine Affen mehr geben, so Achmeds Vorstellung (Abs. 305). Außerdem widerspricht die Affenabstammung seinen alltäglichen Beobachtungen. Schimpansen bleiben Schimpansen und Gorillas bleiben immer Gorillas: „*Gorilla, der aufwächst 100 Jahre alt und wird nicht so ein Mensch*" (Abs. 307). Achmeds Ablehnung der Affenabstammung wird abgesehen von seinen religiösen Vorstellungen durch mehrere Fehlvorstellungen zur Evolution bestimmt. Achmed denkt, dass die Vorfahren der Menschen die heute lebenden Menschenaffen sind (Gorillas oder Schimpansen). Achmed stellt sich eine direkte geradlinige Human-evolution vor (kein Stammbaumdenken). Außerdem erwartet Achmed die Affen-abstammung in sehr kurzen Zeiträumen. Er stellt sich also *keinen* generations-übergreifenden und auch keinen populationsbezogenen Evolutionsprozess vor. Darüber hinaus verfügt Achmed über die Vorstellung, dass die ersten Menschen zwar mit Dinosaurier zusammenlebten, aber es damals keine Affen gab. Die Affen wurden von Allah erst später – nach dem Ausserben der Dinosaurier – erschaffen (Abs. 176-183).

Die Entwicklung von Adam und Eva bis zum Jetztmenschen verbindet Achmed

hauptsächlich mit kulturellen Veränderungen. „*Die Welt wurde anders*“, sagt er (Abs. 297). Heute gibt es zum Beispiel Autos, Messen und Shoppingcenter, die es früher nicht gab. Er assoziiert mit diesen kulturellen Veränderungen, aber weniger einen Fortschritt als eine negative Entwicklung: „*Es gibt ja Autos, die machen ja Staub*“ (Abs. 295). Achmed hebt die Verschlechterung und Demoralisierung der Menschen hervor. Zum Beispiel verfügt Achmed über die Vorstellung, dass die heutigen Menschen früher sterben und eher krank werden als die Menschen, die früher lebten (Abs. 290-295). Seiner Vorstellung nach sind vielen der heute lebenden Menschen auch egoistischer und unmoralischer (Abs. 299). Die Menschen, die „*nur an sich denken*“, nennt er auch die „*unwachsamen Menschen*“ (Abs. 111). Diese Menschen sind für ihn „*schlechter als das Tier*“ (Abs. 109). Darunter versteht er „*Menschen, die nicht an Allah glauben*“ und jeden Tag nur trinken, essen, schlafen, Spaß haben und nicht beten (Abs. 113). „*Allah vergleicht sie mit schlechter als ein Tier*“ (Abs. 115). Das Mensch-Tier-Verhältnis macht Achmed von dem Glauben an Allah und den religiösen Tätigkeiten des jeweiligen Menschen abhängig.

Woher stammen Achmeds Vorstellungen?

Als Vorstellungsquelle gibt Achmed „*Allah*“ und seine wörtliche Offenbarung, den Koran, an. Zum Beispiel: „*Das ist aus unser Buch, das Koran und weil und das stell ich mir einfach vor*“ (Abs. 307). Außerdem nennt er als Quelle den außerschulischen Islamunterricht, den er regelmäßig besucht: „*Ich hatte gerade Islamunterricht und da haben wir alles wiederholt und da hatten wir es gelernt*“ (Abs. 117). Neben der religiösen Belehrung hat Achmed auch Zugang zu „*normalen*“ Büchern, wie Achmed sie nennt (Abs. 157). Er erwähnt ein „*Natursachbuch*“, in dem er etwas über die Affenabstammung gelesen hat. Er gibt an, dass in diesem „Natursachbuch“ stand, dass die Menschen sich aus einem „*normalen Affen*“ (Schimpansen) entwickelt hätten (Abs. 321). Es lässt sich nicht beurteilen, ob es sich hierbei um ein anti-evolutionistisches Buch oder eine (fehlerhaftes) Natursachbuch handelt beziehungsweise Achmed dieses missinterpretiert hat. Außerdem gibt Achmed als eine Vorstellungsquelle den Zoo an. In Bezug auf die Menschenaffen erwähnt er, dass er im Zoo Gorillas und Schimpansen gesehen hat (Abs. 151-153), allerdings nur wenige Male: „*Also ich habe nicht so viele Chimpanzee gesehen, nur so ungefähr einmal im Zoo, also zweimal*“ (Abs. 229). Hinsichtlich der Vorstellungsbildung zum Thema Evolution übernimmt der Grundschulunterricht hier keine nennenswerte Rolle. Achmed gibt weder den Sachunterricht noch den (schulischen) Religionsunterricht als Quelle seines Wissenserwerbs an.

7.1.4.3 Der Schwankungs-Typ

Die Grundschülerin Julia (**B7**) ist zehn Jahre alt und besucht die vierte Klasse einer hessischen Grundschule. Ihre Schule liegt im Umland einer Stadt mittlerer Größe. Julia bezeichnet sich selbst als „nicht so stark“ gläubig. Das Interview dauerte 47 Minuten.

Vorstellungen von Julia zur Evolution im Allgemeinen

Bereits gleich zu Beginn des Interviews bezieht sich Julia auf zwei Vorstellungen, zwischen denen sie hin und her gerissen ist:

> „Also ich hab es öfters gehört, dass so von Affen stammt, also dass es so zu einer kleinen Entwicklung kommt von Affen, halt so von Tierlebewesen, also ich glaube daran, dass Gott Adam und Eva erschaffen hat“ (Abs. 3).

Das ist Julias erste Antwort auf die Frage, wie sie sich das erste Lebewesen vorstellt. Dann zeichnet Julia eine kleine, dicke Frau namens Eva, die im Dschungel lebte. Nach Julias Vorstellung lebte Eva „*sehr sehr lange vor Christus“* (Abs. 13). *„Da gab es ja noch keine Zeit*“, behauptet Julia und notiert daraufhin die Zahl „*1405*“ (Abs. 13). Mit Eva zusammen lebte noch ein Mann, den sie „*Tom*“ nennt (Abs. 33). Eva und Tom führten eine „*glückliche Beziehung*“ (Abs. 15), welche allerdings nicht lange hielt, weil Eva (kurz nachdem sie 18 Jahre wurde) einen giftigen Apfel aß und starb. Julia fasst ihre Vorstellung in einer Zeichnung zusammen (Abbildung 25). Zu ihrer Zeichnung äußert sich Julia wie folgt:

> „Ich habe mir das immer so vorgestellt, halt das, jetzt gibt es ja eher so dünnere Frauen als kräftige Frauen. Ich dachte immer, Eva, halt meine Person, die ich gemalt habe, wäre immer kräftig, weil sie im Dschungel gelebt hat und es da viele Früchte gab und ich dachte sie hätte dann immer etwas von den Früchten genascht und wo ich halt dann vor ein paar Jahren erfahren habe, dass Eva halt an einem giftigen Apfel gestorben ist, habe ich mir das halt, ja dann habe ich mir das halt so vorgestellt wie als Kind schon, dass Eva sich dann immer vollgegessen hat mit den Früchten und dann wollte sie ein Apfel essen und dann ist die von dem giftigen Apfel gestorben“ (Abs. 37).

Auf die Frage nach der Entstehung der ersten Frau antwortet Julia kurz und knapp: „*Von Gott*“ (Abs. 16-17). Konkret äußert sie dann später nochmal, „*dass Gott Eva erschaffen hat*“ (Abs. 43). Außerdem nennt Julia die „*Affen*“ als früheste Lebewesen. Sie zeichnet einen „kleinen Affen“ und beschreibt ihre Vorstellung diesbezüglich wie folgt:

> „Halt so Affen, dann wurde das zu einem größeren Affen, dann wurde das auch zu einem größeren Affen und dann wurde der Affe so wie ein Mensch, und dann wurde aus diesem kleinen Affen dann ein Mensch, also wie sich das mit der Zeit entwickelt wurde das halt dann zum Mensch“ (Abs. 41).

Abbildung 25: Julias (B7) Vorstellung zu den frühesten Lebewesen. In der Kinderzeichnung dominiert die große, kräftige Frau „Eva“, die zusammen mit ihrem kleinen Mann „Tom“ das erste Menschenpaar darstellt. Eva lebt im Dschungel und führten zusammen mit Tom eine glückliche Beziehung bis Eva schließlich mit 18 Jahren (im Jahr 1405 vor Christus) starb, weil sie einen giftigen Apfel aß. Links unten ist eine „kleine“ Frau mit einem „kleinen“ Mann dargestellt. Dabei handelt es sich nicht um Eva, sondern eine andere Frau, die mit Tom (nach Evas Tod) befreundet war. Links oben ist „Gott“ angedeutet, welcher Eva erschaffen haben soll. Rechts ist ein „Affe“ dargestellt, der für die Affenabstammung des Menschen steht.

An Julias Zeichnung und ihren Äußerungen ist mehrerlei interessant. Während Julia die mythologische Vorstellung von „Adam und Eva“ inklusive der Paradieserzählung (mit der verbotenen Frucht) in ihr Vorverständnis integriert und dabei eine individuelle Mischvorstellung („Eva und Tom“) konstruiert, ist Vergleichbares in Bezug auf die Affen nicht feststellbar. Offenbar passt die von ihr genannte Affenabstammung nicht mit ihrem Vorverständnis überein. Alles deutet darauf hin, dass sich die geäußerte Schöpfungsvorstellung und die Evolutionsvorstellung getrennte kognitive Konstruktionen darstellen, die nicht miteinander verknüpft werden. Auch in der Kinderzeichnung stehen sich beide Entstehungsvorstellungen diametral gegenüber und werden zu keiner komplexeren Hybridvorstellung verknüpft. Auf der einen Seite des Blattes steht „*Gott*“ (links), auf der anderen Seite des Blattes die „*Affen*“ (rechts) (Abbildung 25). Dass Julia zwischen den

beiden Entstehungsvorstellungen hin- und hergerissen ist, spricht sie auch selbst an:

> „Was ich mir selber denke, weiß ich nicht, weil es könnte beides möglich sein, aber wir wissen das ja nicht, weil, jetzt ist es halt so, dass Menschen erzeugt werden, indem es, indem, ja (…) halt, Gott erzeugt uns ja nicht und wir werden ja auch nicht so kleine Affen“ (Abs. 19).

Ausgenommen von der genannten Affenabstammung scheint Julia kaum mit Vorstellungen zur Evolutionsgeschichte in Berührung gekommen zu sein. Bei ihre sind jedenfalls neben der Affenabstammung keine expliziten Vorstellungen zur Evolutionsgeschichte identifizierbar. Auf Nachfrage bestätig Julia lediglich sehr knapp, dass sich die Lebewesen im Laufe der Zeit verändert haben (Abs. 24-27).

Das Hin- und Her-Schwanken von Julia wird auch beim Ordnen der Lebewesen (Figuren) deutlich. „*Man kann das nach Größe machen, nach Kräften, wie stark die Tiere sind, oder auch nach Jahreszeiten“* (Abs. 69). Unter dem Ordnen nach „*Jahreszeiten*“ versteht Julia „*wann die Tiere halt so gelebt haben [...] wann die Tiere erschaffen worden“* (Abs. 71). Im Unterschied zu der geäußerten Vorstellung, dass „*Eva*“ bzw. „*die Affen*“ die frühesten Lebewesen auf der Erde waren, stellt sich Julia nun plötzlich die Dinosaurier als die „ältesten“ Lebewesen vor (Abs. 69). In Bezug auf die Dinosaurier erwähnt Julia, dass diese in der Steinzeit gelebt hätten („*Dinos waren erst in der Steinzeit*“, Abs. 71). Direkt hinter die Dinosaurier stellt Julia die Gorilla-Figur und dahinter dann die Orang-Utan-Figur (Abs. 69). Darauf folgt die Giraffen-Figur: „*Giraffen, joa, gab es glaub ich auch schon etwas länger*“ (Abs. 71). Die Menschen-Figur hingegen stellt Julia zeitlich ganz ans Ende (Abs. 69), was im deutlichen Widerspruch zu ihrer anfänglichen Zeichnung steht (Abbildung 25). Die Schlangen-Figur platziert Julia ziemlich mittig und erklärt: „*Die Schlange gab es ja auch schon früher, vielleicht so, zwischen den Zeiten*“ (Abs. 69). Insgesamt betrachtet stellt sich Julias zeitliche Anordnung wie folgt dar: (1) Stegosaurus-Figur, (2) Gorilla-Figur, (3) Orang-Utan-Figur, (4) Giraffen-Figur, (5) Bonobo-Figur, (6) Schlangen-Figur, (7) Gibbon-Figur, (8) Orca-Figur, (9) Schimpansen-Figur, (10) Totenkopfäffchen-Figur, (11) Farn-Figur, (12) Schildkröten-Figur, (13) Adler-Figur, (14) Menschen-Figur. Auffällig ist hierbei auch, dass Julia nicht alle Primaten zusammen im vorderen Bereich angeordnet hat. Vielmehr treten die Affen erdgeschichtlich zerstreut auf. Beim zeitlichen Ordnen der Lebewesen und den damit verbundenen Begründungen wird deutlich, dass Julias Vorstellungen zur Erd- und Naturgeschichte sehr bruchstückhaft, fehlerbehaftet und inkonsistent sind.

Nachdem Julia die Lebewesen nach der Zeit geordnet hat, verändert sie ihre Anordnung nochmals. Diesmal verwendet sie „*die Kräfte*“ der Lebewesen als Ordnungskriterium. „*Dann würde der Wal meine erste Wahl sein“*, sagt Julia und ersetzt die Stegosaurus-Figur durch die Orca-Figur (Abs. 73). Außerdem hat Julia die Figuren auch nach der Größe geordnet. Die Giraffe und den Stegosaurus betrachtet sie – von den aufgestellten Figuren – als die größten Lebewesen, während sie die Schlange als kleinstes Lebewesen ansieht (Abs. 67).

Julia Vorstellungen zu den Menschen und Affen als Teil der Erdgeschichte

Auch in Bezug auf die Frage nach den Lebewesen, die den Menschen am meisten ähneln, zeigt sich Julias unsicheres Hin-und-Hergerissen-Sein zwischen den schöpfungs-mythologischen Vorstellungen einerseits und den evolutionsbiologischen Vorstellungen andererseits. Zunächst erwähnt Julia die „*Schlange*“ als das menschenähnlichste Tier (Abs. 74-75). Julia begründet das damit, dass die Schlangen „*halt eher so etwas mit Eva [...] zu tun hat und Eva ist ja auch ein Mensch. Deswegen finde ich Schlange ist auch eher, auch so etwas wie Eva, halt ein Lebewesen“* (Abs. 79). Julia stellt sich hier möglicherweise die personifizierte (sprechende) Schlage aus der Paradieserzählung vor. Jedenfalls assoziiert Julia die „*Schlange*“ hier mit „*Eva*“, die sie im Interview mehrmals mit dem Motiv der „verbotenen Frucht“ aus der biblischen Paradieserzählung in Verbindung brachte (Abs. 9, 37, 45). Darüber hinaus verbindet Julia das Verhalten der Schlage mit dem Verhalten eines kleinen Mädchens, das sie kennt: „*Also, wenn Leute sauer sind, dann haben die auch eher so den Eindruck wie so eine Schlange, ja, ich kenne ein kleines Mädchen, die ist auch sauer und wenn sie sauer ist, dann beißt sie gerne. Ja und das ordne ich halt zu der Schlange ein, weil sie der Schlange sehr ähnlich ist*“ (Abs. 85). Andererseits verweist Julia dann aber auch eindeutig auf die Affen als menschenähnlichste Lebewesen. Julia stellt fest: „*Ich finde Affen sind uns ähnlicher*“ (Abs. 81). Hinsichtlich der Ähnlichkeiten zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen betont Julia insbesondere das Gesicht – vor allem die Ohren und die Augen (Abs. 79-83). Obwohl Julia keine Besonderheit bei den Menschen hervorhebt, erkennt sie auch Unterschiede zwischen den Menschen und den nicht-menschlichen Affen. Affen charakterisiert Julia als süße, sehr haarige, Bananen liebende, krumme Tiere (Abs. 99, 203).

Julia benutzt im Interviewgespräch durchgängig den Begriff „Affe(n)“. Mit dem Begriff „Menschenaffen“ kann sie nichts anfangen. Sie hat den Begriff noch nie gehört (Abs. 89).

In Julias Vorstellungswelt kommt den Menschen eine Sonderstellung zu. Julia schiebt die Menschen-Figur von den Affen-Figuren weg, gruppiert sie also nicht zusammen mit den Affen (Abs. 92-93). Zu den Affen zählt Julia die Gorillas, Orang-Utans, Schimpansen, Bonobos und die Gibbons, wobei sie nur die Gorillas und Schimpansen beim Namen nennt (Abs. 59). Obwohl Julia nicht von einer Verwandtschaft zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen spricht, äußert sie Vorstellungen zur Verwandtschaft zwischen den nicht-menschlichen Affen. „*Also ich denke schon, dass die Affen verwandt sind*" (Abs. 109), sagt sie. Bei der Erklärung der Affenverwandtschaft verweist Julia auf die Familien-Verwandtschaft:

> „Jeder hat Cousinen, also fast jeder hat Cousinen und Cousins und so ist das eigentlich auch bei Affen, also die haben ja auch Cousins und Cousinen und die kommunizieren ja auch miteinander und ja deswegen, verwandt heißt ja nicht nur Cousins und Cousinen, das heißt ja auch Groß-Cousinen, Tante, Oma, Mutter, ja oder wenn das hier (zeigt auf die Gorilla-Figur) das ist der Patenonkel von dem hier (zeigt auf die Schimpansen-Figur) ist, dann ist das ja auch verwandt oder der Onkel, ja" (Abs. 111).

Konkret geht Julia davon aus, dass die Affen aus einer „großen Familie" stammen: „*Die stammen aus einer sehr großen Familie, auch von den Gorillan*" (Abs. 99). Zur Abstammung von den Gorillas äußert Julia dann ihre ganz eigene Erklärung:

> „Ich dachte immer, wenn, ich denke jetzt immer noch, wenn Affen größer werden und stärker werden, werden sie halt zum Gorilla, und ja, deswegen denk ich halt immer so die Gorillas sind halt die Eltern von Affen [...] weil wie der Löwe der König der Tiere ist, sind irgendwie die Gorillas die Könige der Affen" (Abs. 103-105).

Auf die Frage, wie denn die Affen entstanden seien, äußert Julia weder eine Schöpfungsvorstellung noch eine Evolutionsvorstellung: „*Ich muss jetzt ehrlich sagen, darüber habe ich mir noch nie Gedanken gemacht*" (Abs. 127). Hierbei wird deutlich, dass Julia, ausgenommen von der Affenabstammung, bisher kaum mit Themen der Erd- und Evolutionsgeschichte in Berührung kam. Die Frage nach der Affenherkunft ist bei Julia nicht vorstellungsbildend.

Von den Affen interessiert Julia am meisten die Schimpansen. Als Lebensraum der Schimpansen nennt sie den Urwald (Abs. 125). Julias Vorstellung entsprechend haben die Schimpansen in ihrem natürlichen Lebensraum nicht nur alles, was sie zum Überleben benötigen (Futter und Freunde), sondern auch „*ihre Ruhe*" vor den störenden Menschen (Abs. 125). Eine Schimpansenpopulation im Urwald stellt sich Julia variativ vor. Entsprechend ihrer Vorstellung wählt Julia bei der Schimpansen-Bildkartenauswahl drei

unterschiedliche Schimpansen-Varianten aus. Sie wählt zwei helle Schimpansen-Varianten (2xH) und zwei intermediäre hell-dunkle Varianten (1xDH1, 1xDH2). Mit ihren Aussagen zur Bildkartenauswahl unterstreicht Julia ihr Variationsdenken: „*Also manche sind dunkler, manche sind heller, manche haben eine dunklere Nase, manche halt nicht, manche leben halt gerne auf Bäumen, manche leben halt gerne unten (...) am Boden, joa, manche mögen DAS Essen manche aber auch nicht*“ (Abs. 143). Außerdem führt Julia das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen auf das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen-Eltern zurück: „*Das kommt halt von den Eltern von den Schimpansen. Und manche Eltern sind dunkler, manche sind heller*“ (Abs. 149).

Neben den variativen Beschreibungen sind teilweise auch typologische Beschreibungen identifizierbar. So geht Julia davon aus, dass die „*Form des Gesichts*“ der Schimpansen nicht variiert (Abs. 163). Jedenfalls unterscheidet sich die Form „*nicht oft*“ (Abs. 165). Konkret nennt Julia die Nasen- und Mundform, die sich zwischen den Schimpansen-Individuen *nicht* unterscheiden kann: „*Die Nasenform kann sich nicht unterscheiden, die Mundform auch nicht*“ (Abs. 165).

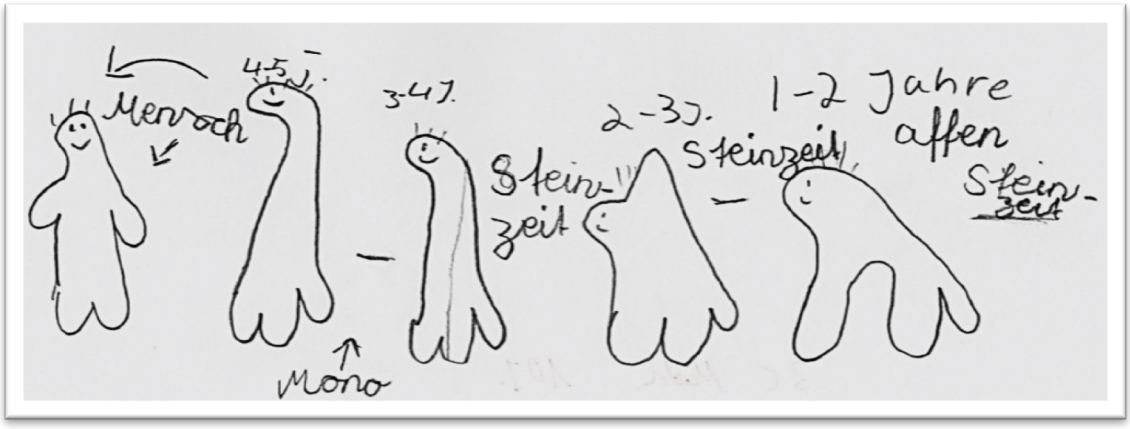


Abbildung 26: Julias Vorstellung zur Affenabstammung. Julias Zeichnung zeigt Julias Vorstellung wie sich aus einem Affen (rechts) innerhalb von nur fünf Jahren ein Mensch (links) entwickelt hat. Gemäß Julias Vorstellung wird der Affe schrittweise immer „*größer*“ und „*gerader*“ bis daraus schließlich ein Mensch entstand (Abs. 53). Über die jeweiligen Entwicklungsstadien hat Julia die jeweils Zeitanagaben notiert (von rechts nach links: 1-2 Jahre, 2-3 Jahre, 3-4 Jahre, 4-5 Jahre). Ab dem vierten Jahr nennt Julia die Steinzeitwesen „*Mono*“ („*so fifty-fifty*“), um anzudeuten, dass es sich dabei um ein Zwischen-Steinzeitwesen handelt, aus dem der anatomisch moderne Mensch entstand.

Als erste Menschen stellt sich Julia einerseits mythologische Figuren, andererseits aber auch Steinzeitmenschen vor. Wie bereits dargestellt verknüpft Julia mit dem ersten

Menschenpaar (Adam und Eva bzw. Eva und Tom) die Vorstellung der Erschaffung der Lebewesen durch Gott (Abs. 3, 17, 19, 43). Mit der „*Steinzeit*“ hingegen verbindet Julia die Affenabstammung. Wie sich Julia die Abstammung der Menschen von Steinzeit-Affen konkret vorstellt, hat sie in einer Zeichnung dargestellt (Abbildung 26). Die Zeichnung zeigt Julias geradlinige, auf den Menschen hingerichtete Evolutionsvorstellung. Ein „*Baby-Affe*“ wird immer „*größer und gerader so wie ein Mensch“* (Abs. 51-53). Julia assoziiert mit der Affenabstammung eine graduelle ontogeneseartige Entwicklung. Das Geraderwerden der Affen erklärt sich Julia „aktiv“ von den Affen selbst ausgehend. Die Affen seien „*viel gelaufen*“, worauf ihre „*Rücken*“ immer „*gerader*“ wurden (Abs. 169-173).

Die Zeitvorstellungen von Julia bezüglich evolutionärer Prozesse sind äußerst fehlerhaft. So soll sich die Menschwerdung in nur fünf Jahren vollzogen haben (Abbildung 26). Und auf die Frage wie lange die Steinzeit dauerte, antwortet Julia sehr unsicher: „*Keine Ahnung. Weiß ich nicht, vielleicht so, ok, schon etwas länger, vielleicht so 20, 30 Jahre, also schon länger, jetzt nicht so 1 Jahr, schon so 20 bis 30 Jahre, denk ich*“ (Abs. 217).

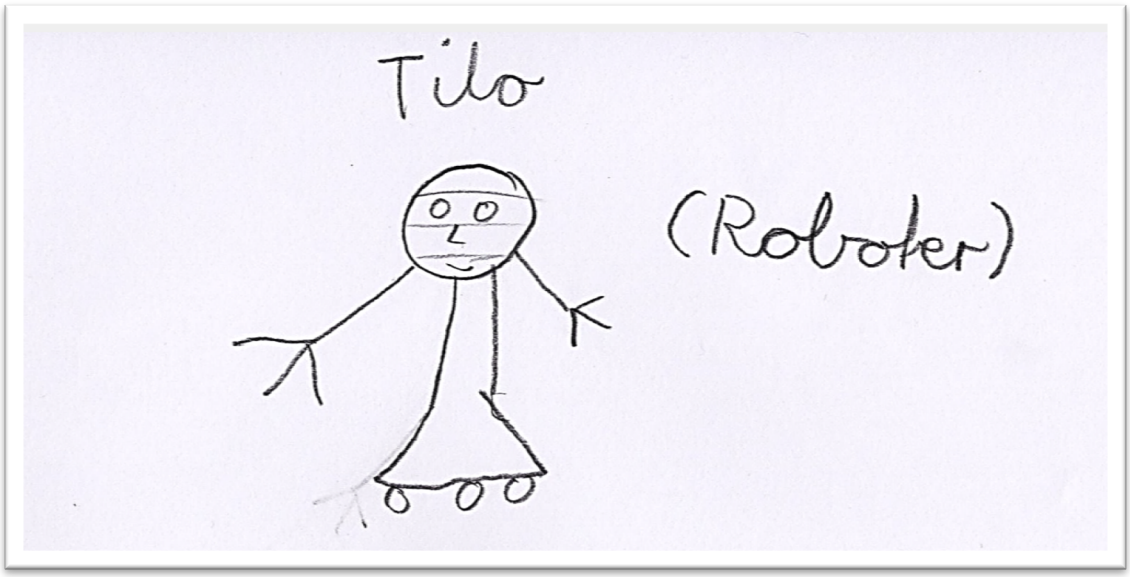


Abbildung 27: Vom Menschen zum Roboter. Julias Zeichnung soll einen in 10 bis 20 Jahren lebenden Roboter darstellen. Der Roboter steht für den zukünftigen Evolutionsschritt der Menschheit. Dem Roboter gibt Julia den Namen „Tilo“. Sie zeichnet und beschreibt ihn sehr menschenähnlich. Der Roboter hat einem runden Kopf, Augen, eine Nase, ein Mund, zwei Hände und ein „Körper“. Er unterscheidet sich vom Menschen vor allem dadurch, dass er „*Rädchen zum Fahren*“ hat. Die Streifen am Kopf stehen für das Metall des Roboters.

Im Zusammenhang mit der Humanevolution rückt Julia neben den Veränderungen im Aussehen vor allem die technisch-kulturellen Entwicklungen, die Technisierung und Digitalisierung der Gesellschaft, in den Vordergrund. Im Vergleich zu den Menschen in der Steinzeit haben die Menschen heute Handys, Computer und Fernseher. „*In der Steinzeit musste man alles selber machen*“, hebt Julia hervor (Abs. 195). Die Evolution des Menschen betrachtet Julia nicht als beendet. Bezogen auf die Zukunft der Menschen verfügt sie über die Vorstellung einer Robotisierung der Menschheit (Abbildung 27). Die Roboter werden „*alles für uns machen*“ und irgendwann dann die Menschen ablösen: „*In der Zukunft wird es keine Menschen mehr geben. Ich glaube es wird eher Roboter geben*“ (Abs. 187).

Woher stammen Julias Vorstellungen?

Unübersehbar ist, dass Julia die Herkunft des Menschen interessiert und beschäftigt, aber unterschiedliche Vorstellungen dazu äußert. Einerseits sagt sie ganz deutlich: „*Also ich glaube daran, dass Gott Adam und Eva erschaffen hat“* (Abs. 3). Andererseits sagt sie: „*Ich glaub jetzt nicht so stark an Gott, also ich denk eher, dass die so vom Affen stammen*“ (Abs. 47). Es stellt sich die Frage, woher ihre schwankenden Vorstellungen zum Thema stammen. Julia gibt mehrere Quellen an, die das Spannungsfeld von ihrem religiösen Glauben einerseits und den geäußerten Vorstellungen zur Affenabstammung andererseits verdeutlichen. Bezüglich ihrer Schöpfungsvorstellung nennt Julia den Religionsunterricht als Quelle: „*Halt, das machen wir ganz oft in Reli, also wir stellen uns halt immer vor, dass Gott halt die erste Person erstellt hat*“ (Abs. 19). Hinsichtlich der Affenabstammung gibt Julia Medien („*Filme*“) und Peer-Gespräche an:

> „Manchmal sehe ich das in Filmen, dass sie halt so hergestellt werden, ich höre das in der Klasse von einigen, weil in meiner Klasse glauben auch nicht alle an Gott und die sagen dann halt, ja, die stammen aus Affen und ja dann habe ich halt auch gedacht, ja Gott lebt nicht mehr, Gott ist ja erst so eine altmodische Geschichte sag ich jetzt mal so, aber ich glaube auch etwas an Gott, also ich glaube an diese Geschichte, aber auch an Gott, aber mehr glaube ich an diese Geschichte mit Affen“ (Abs. 57).

Nicht von einer Lehrkraft, sondern von anderen Grundschulkindern und aus Filmen hat Julia ihre Vorstellungen zur Affenabstammung. Den Sachunterricht nennt Julia nicht als Quelle.

7.1.4.4 Der theistische Evolutions-Typ

Die Grundschülerin Anna (**B6**) ist neun Jahre alt und geht in die vierte Klasse. Ihre Grundschule liegt im Umland einer hessischen Mittelstadt. Anna bezeichnet sich selbst als gläubig. Das Interview dauerte 55 Minuten.

Vorstellungen von Anna zur Evolution im Allgemeinen

Als Ort der Lebensentstehung gibt Anna ein „*Loch*“ an (Abs. 3). Dieses Loch bezeichnet Anna auch als einen „*Teich*“, obwohl sich darin kein Wasser befindet (Abs. 13, 21). Vielmehr sind in diesem Teich sehr viele Zellen, weshalb sie von einem „*Wasserstrom an Zellen*“ spricht (Abs. 21). Unter den Zellen versteht Julia keine Einzeller, sondern Kompartimente, in denen sich die Lebewesen formen und wachsen bis sie aus den Zellen schlüpfen „*wie*“ aus „*einem Ei*“ (Abs. 43). Nachdem die Lebewesen geschlüpft sind, sterben die Zellen ab und neue Zellen wachsen heran (Abs. 88). Die Entstehung der Lebewesen ist also an Zellen gebunden. Anna hat ihre komplexe Vorstellung zu den frühesten Organismen und ihrer Entstehung zeichnerisch festgehalten (Abbildung 28). Am Anfang der Entwicklung stehen winzige Zellen, woraus Kleinstlebewesen wie „*Ameisen*“ entstanden (Abs. 25). Danach „*kommen*“ aus den Zellen weiteren Tiere wie Bienen und Mäuse. Anna nennt das „*kommen*“ der Lebewesen auch „*erschaffen*“:

> „Dann kommt dann eine Maus und dann werden die Zellen halt immer größer, größer und dann wird es irgendwann so richtig riesig und dann kommen dann halt auch immer größere Tiere an und wenn alle Tiere halt erschaffen wurden, kommt das dann wieder von neu, also die Tiere, so habe ich mir das dann vorgestellt“ (Abs. 25).

Aus den Zellen gehen schließlich alle Tiere hervor. Auffällig ist, dass Anna mit der Entstehung der Tiere ein kontinuierliches Größerwerden verbindet:

> „Dann kommt erst die Maus, dann kommt dann ein größeres Tier, also ein Dachs, dann ein bisschen größeres Tier, vielleicht (...) ein bisschen größerer Hund, ähm oder ein Wolf, und dann wird es dann halt immer viel größer und dann kam dann halt auch irgendwann der Affe und dann kamen halt mehr Tiere und mehr, also Elefant und alles, und danach kam halt durch den Affen auch der Mensch, so habe ich mir das dann vorgestellt (...). Es wird dann immer größer sozusagen“ (Abs. 13).

Nach der Vorstellung von Anna kommen nicht nur Tiere aus den Zellen, sondern auch Pflanzen. Sie spricht von Gras, Wiesen und Bäumen (Abs. 47, 51). Selbst die Sonne und das Wetter (Regen, Blitze, Wolken) haben ihren Ursprung in den Zellen (Abs. 49, 55). „*Also da kommen aus diesen Zellen halt alle Dinge raus*“ (Abs. 61

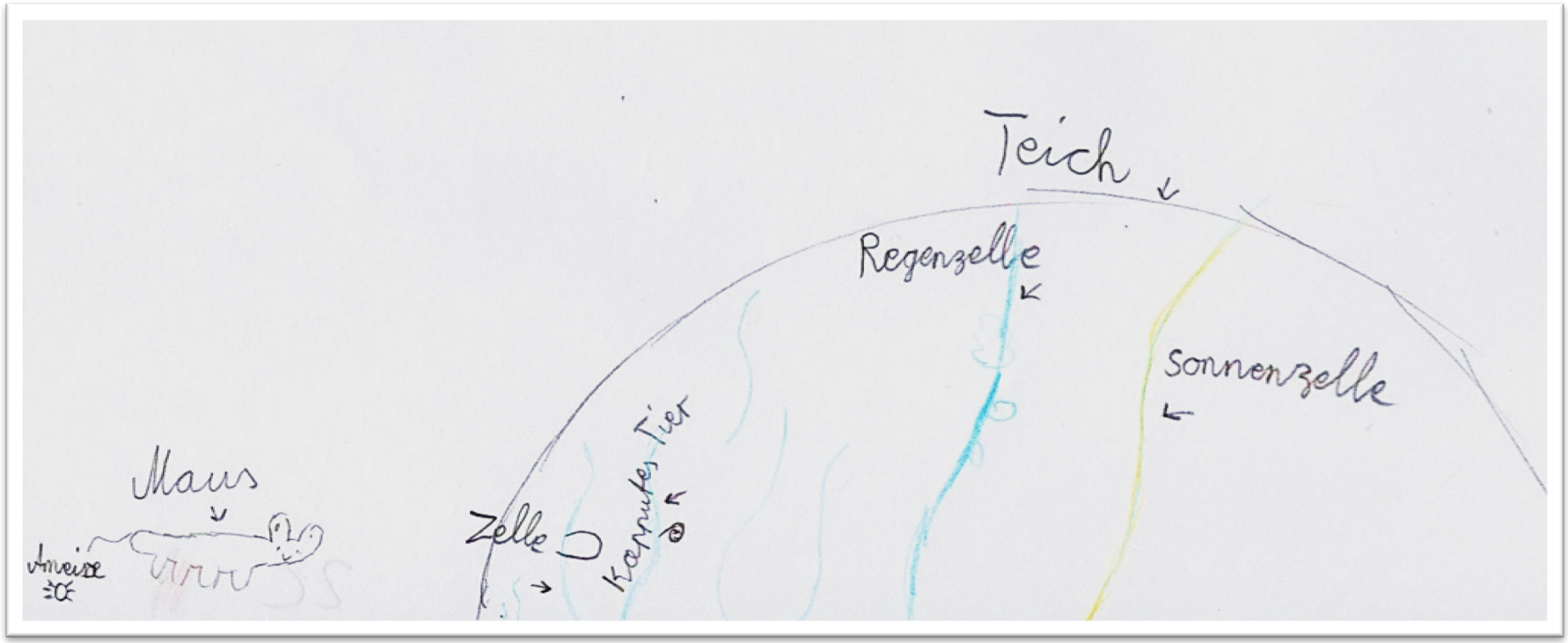


Abbildung 28: Annas Zeichnung zur Entstehung der Lebewesen. Nach Annas Vorstellung entstanden alle Lebewesen und Dinge in einem Loch (ein wasserloser Teich). Zentral in der Vorstellung von Anna sind die „Zellen“, die so zahlreich sind, dass Anna von einem „Wasserstrom an Zellen“ spricht. In der Zeichnung ist eine „Zelle“ genauer dargestellt und beschriftet. Die Zellen können unterschiedlich groß und unterschiedlich gefärbt sein (u.a. blau, grünlich-gelblich, hell/dunkel). Die Zellen stellen die Brutstätten des Lebens dar. In den Zellen formen und wachsen die Lebewesen heran bis sie aus den Zellen herausschlüpfen und vom Teich „abgehen“. Zu den frühesten Lebewesen, die aus kleinen Zellen hervorgingen, zählt Anna Kleinstlebewesen wie die Ameisen (links unten). Im Laufe der Zeit entstanden immer größere Lebewesen (Bienen, Mäuse, Dachse, Elefanten, Affen). Bei der Entwicklung der Lebewesen können Abweichungen auftreten, wenn sich Zellen zum Beispiel bei der Entwicklung „verdrehen“. Die Entwicklungsvariation deutet Anna zeichnerisch mit einem „Kringel“ an („kaputtes Tier“). Auch die Sonne und der Regen sollen aus den Zellen hervorgehen (Regenzelle und Sonnenzelle).

Immer wieder spricht Anna von einem Erschaffen-Sein, obgleich sie die Entstehungsvorgänge naturalistisch-materialistisch „*durch die Zellen*“ zu beschreiben versucht. Im Verlauf des Interviews wird deutlicher, was Anna unter dem Erschaffen-Sein genauer versteht:

> „Ich habe es mir so vorgestellt, er [Gott] hat nur die Zellen erschaffen und daraus kommt dann alles, auch die Bäume und sowas [...] Ja und der Rest ist dann von alleine gekommen“ (Abs. 47, 49).

Und an anderer Stelle betont Anna:

> „Gott hat ja fast die ganze Welt erschaffen, weil er ja die Zellen gemacht hat, also so denk ich mir das“ (Abs. 57).

Anna ist also der Auffassung, dass Gott die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zur Lebensentstehung – die Zellen – erschaffen hat und damit die Entstehung initiierte. Schließlich hat sich Gott zurückgezogen und die Entwicklung der Lebewesen sich selbst überlassen:

> „Also ich habe es mir halt so vorgestellt, er [Gott] hat zuerst das Licht angemacht und dann hat er, also ich denke mir so, er sitzt oben halt immer auf einer Wolke und hat dann die ganzen Zellen eingepflanzt sozusagen, also wie ein Mensch stell ich mir ihn auch vor und als er fertig war mit den Zellen, dann ist er wieder nach oben gegangen und dann wurde das halt alles und sowas. Ja (...) joa und so stell ich mir das vor mit den Tieren und sowas“ (Abs. 63).

Ihre Vorstellung lässt sich unter die Kategorie „theistische Evolution“ (deistische Variante) subsumieren (vgl. Fußnote 13, S. 159), bei der der Schöpfungsgedanke und der Evolutionsgedanke in einer Mischvorstellung verbunden sind. Beide Sichtweisen werden nicht als konflikthaft empfunden. Anna geht nicht von graduellen Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte aus, sondern von punktuellen Genese-Ereignissen, die auch heute noch vorkommen sollen, wenn auch nicht mehr so häufig (Abs. 55). Nach der Entwicklung in den Zellen sind die Lebewesen quasi als abgeschlossen „*erschaffen*“ anzusehen:

> „Also ich denke also früher wurden ja alle Tiere an einem Tag mal erschaffen immer und jetzt sind es ja so viele, also werden glaub ich nur pro Tag eine Ameise und eine Maus und dann ich weiß nicht ein Fuchs und ein Dachs und dann wird es immer größer, also immer nur zwei Tiere und es wird dann immer größer sozusagen“ (Abs. 55).

Bei Annas Urzeugungsvorstellung handelt sich um eine Art Spontanzeugung. Im

gewissen Maße ist darin auch die Vorstellung „*Omne animal ex ovo"* (deutsch: „Jedes Tier ist aus einem Ei entstanden") enthalten, wenn man die Zellkompartimente als „eierartig" auffasst („*so wie bei einem Ei eigentlich*"; Abs. 43). Die Menschen entstehen Anna gemäß nicht direkt durch die Zellen. Sie kommen „*durch den Affen*" ins Dasein. Anna merkt an:

> „Ja also dann wird das immer größer und wenn, also ich habe mir dann so vorgestellt, wenn dann alle Tiere da sind, dann wurde halt durch den Affen, wurde dann halt noch ein Mensch, also so ein Halbmensch-Halbaffe entwickelt und danach wurde dann ein richtiger Mensch so entwickelt. Also so stell ich mir das vor" (Abs. 21).

Bedingt durch die Vorstellung von Spontanzeugungen geht Anna nicht von einem allmählichen Verschieden-Werden der Lebewesen im Verlauf der Erdgeschichte aus. Die Veränderungen beziehen sich in erster Linie auf die Entwicklungen in den Zellkompartimenten während der Individualentwicklung. Anna geht davon aus, dass es bei den Wachstums- und Formbildungsprozessen in den Zellen zu Abweichungen kommt (»innere Entwicklungsvariation«). Es gibt Zellen, die „*nicht so richtig ok*" sind (Abs. 31). Zum Beispiel kann es beim Entwicklungsprozess vorkommen, dass sich Zellen „verdrehen", was dann zu Veränderungen bei den Lebewesen führt (Abs. 70). Die Lebewesen sehen dann „*ein bisschen komisch*" aus und haben irgendetwas Besonderes, z.B. entsteht „*ein Fuchs ohne Schwanz*" (Abs. 31). Ein Tier mit einem modifizierten Merkmal bezeichnet Anna als ein „*kaputtes Tier*", wobei sie relativiert, dass die veränderten Tiere doch „*nicht so richtig kaputt sind*" (Abs. 68). Darüber hinaus unterstellt Anna den Zellen Intentionen. Sie äußert an einer späteren Stelle die anthropomorphe Vorstellung, dass die Zellen sich selbst „*überlegen*" was aus ihnen schlüpft (Abs. 212).

Die Lebewesen ordnet Anna kriterienunstet, wobei die Zeit das dominanteste Ordnungskriterium darstellt (Abs. 77-86). An den Anfang stellt sie „*die Affen*" (in folgender Reihenfolge: Totenkopfäffchen-Figur, Schimpansen-Figur, Gibbon-Figur, Bonobo-Figur, Orang-Utan-Figur, Gorilla-Figur). *„Ja, weil ich habe mir so vorgestellt die Affen so vorne, weil durch den Affen halt der Mensch gekommen ist und so hab ich mir das auch bei den Affen halt vorgestellt"* (Abs. 78). Hinter die Affen reiht Anna die Schildkröten-Figur, die Schlangen-Figur, die Adler-Figur, die Farn-Figur, die Dinosaurier-Figur, die Wal-Figur, die Giraffen-Figur und die Menschen-Figur. Zuletzt entstanden die Menschen: „*Also ich stell mir den Menschen als letztes vor, weil, ich stell es mir so vor [...], dass da zuerst die Tiere kamen und dann der Mensch*" (Abs. 78). Die

zeitliche Anordnung der Figuren wird maßgeblich von Annas Vorstellung des Größerwerdens der Lebewesen bestimmt. Zuerst schlüpften die Kleinstlebewesen aus den Zellen (hier die kleinen Totenkopfäffchen), dann entstehen die größeren Lebewesen (Abs. 86). Ausgenommen von dieser Regel sind die Menschen und die Pflanzen:

> „Die größeren Tiere wurden erst später gemacht und also es kommt ja bei mir so von klein bis groß, also nicht, abgesehen vom Menschen, und die Pflanze denk ich mir halt so (zeigt auf die Farn-Figur), die ist halt so ein bisschen in der Mitte und weil die größeren Tiere so wie ein Orca oder ein Dinosaurier oder die Giraffe wurden glaub ich dann noch später (...) erschaffen" (Abs. 80).

Zwischen den Affen und den Menschen ordnet Anna die Tiere nach der Stärke und Gefährlichkeit. Anna wählt zunächst ein „*schwächeres Tier*" (Schildkröte), dann ein „*giftiges Tier*" (Schlange) und dann ein „*Raubtier*" (Adler) (Abs. 84). Dann „*muss auch ein bisschen Natur her*" meint Anna und nimmt die Farn-Figur und platziert sie zwischen den drei kleineren und den drei großen Tierfiguren (Dinosaurier, Wale, Giraffen) (Abs. 84). Obwohl „kleiner", ordnet Anna die Menschen hinter den Giganten der Tierwelt an und spricht ihnen eine Sonderstellung *über* allen anderen Lebewesen zu (Abs. 78).

Annas Vorstellungen zu den Menschen und Affen als Teil der Erdgeschichte

Anna gibt an, dass die Affen die menschenähnlichsten Lebewesen seien (Abs. 90, 94). Ihrer Vorstellung nach ähneln am meisten die Schimpansen den Menschen (Abs. 90). Obgleich Anna die „Tiere" kategorial von den „Menschen" unterscheidet, kann sich Anna aufgrund der starken Ähnlichkeit eine gewisse Verwandtschaft zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen vorstellen: „*Joa also ich würde die sich sehr ähnlich nehmen, aber die sind so ein bisschen miteinander verwandt, aber vielleicht nicht so richtig verwandt, aber so ein bisschen"* (Abs. 114). Gemäß den Äußerungen von Anna besteht ein Unterschied zwischen der Verwandtschaft zwischen zwei Menschen und der Verwandtschaft zwischen Menschen und Affen, da sich zwei Menschen ähnlicher sind als die Menschen und nicht-menschlichen Affen (Abs. 114). Als Ähnlichkeitsmerkmal zwischen den Menschen und Affen hebt Anna die Fortbewegung auf zwei Beinen hervor (Abs. 92). Als Unterschied zwischen Menschen und Affen nennt sie das Fell: „*Wenn die keine Haare hätten, könnten sie ja fast wie ein Mensch sein*" (Abs. 92).

Mit dem Menschenaffen-Begriff assoziiert Anna ein Lebewesen, das „*halb Mensch, halb Affe*" ist (Abs. 98). Von den Figuren zählt Anna das Totenkopfäffchen, den Gibbon und den Schimpansen (*Pan troglodytes*) zu den Menschenaffen. Die Gorilla-Figur und die

Bonobo-Figur sollen hingegen nicht zu den Menschenaffen gehören. In Bezug auf die Orang-Utan-Figur ist sie sich wiederum unsicher (Abs. 100-110). Menschenaffen sollen an der „normalen" Fortbewegungsweise (aufrechter Gang), der weniger starken Behaarung und am (teilweise) helleren Erscheinungsbild erkennbar sein. Schließlich sind Menschen *„ja meistens eher hell* (Abs. 110). Die Menschen selbst zählt Anna „*teilweise*" zu den Menschenaffen (Abs. 112).

Anna hat Schwierigkeiten beim Erkennen, Benennen und taxonomischen Einordnen der Affen-Figuren. Da die Gorilla-Figur, die Schimpansen-Figur und Bonobo-Figur „schwarz" sind, gehören sie „*so ein bisschen zusammen*" (Abs. 120). Aufgrund der großen Ähnlichkeit ordnet Anna die drei verschiedenen Menschenaffenarten dem gleichen Typus „Gorilla" zu. Anna spricht von einem dunklen, hellen und ziemlich hellen Gorilla. Zur Abgrenzung der Affen verwendet sie den Rassebegriff (Abs. 118-120).

Ausgehend von der Schimpansen-Bildkartenauswahl lässt sich Annas Variations-verständnis darstellen. Anna wählt zwei unterschiedliche Schimpansen-Bildkarten aus (2xDH1, 2xDH2). Die hellen und dunklen Schimpansen-Varianten zählt Anna nicht zu den Schimpansen. *„Ich glaube so richtig dunkel sind nur die Gorillas"*, sagt sie. Anna denkt hier typologisch. Ihre Mittelwertvorstellung wird an folgender Äußerung deutlich: „*Weil ich denke dunkel und hell kann nicht so richtig sein. Ja, weil so einen hellen (nimmt die Bildkarte H) würde ich halt auch nicht nehmen, weil ich denk, Schimpansen sind eher so ein bisschen zweifarbig sozusagen"*(Abs. 130). Trotzdem zeigt sich bei Anna auch ein Variationsdenken. Sie verweist dabei auf die Variation bei den Menschen:

> „Also es ist ja auch wie beim Menschen, manche haben helle Haut und manche haben dunkle und dann würde ich das halt auch sagen, zum Beispiel die beiden hier (nimmt die gewählten Bildkarten DH1 und DH2), die sind ja auch unterschiedlich und ich denke jeder entwickelt sich so halt ein bisschen anders, so wird ich das dann halt nehmen" (Abs. 132).

Auch dunklere Schimpansen (mit hellen Stellen) bzw. helle Schimpansen (mit dunklen Stellen), die nicht als Bildkarten vorliegen, kann sich Anna vorstellen:

> „Also ich denke es gibt ja auch bestimmt welche, die sind vielleicht nur ganz dunkel und haben vielleicht nur so einen Kreis mit hellem oder andersrum und ich denke halt, nicht jeder Schimpanse ist gleich und so würde ich das dann halt nehmen, weil ich kann es mir anders nicht vorstellen, weil jeder Schimpanse sollte so sein wie er ist und immer irgendwie anders sein" (Abs. 140).

Entscheidend für Anna ist, dass Schimpansen „zweifarbig“ (also hell *und* dunkel) sind. Für Anna ist es selbstverständlich, dass sich Schimpansen in einer Population unterscheiden: „*Es kann irgendwie nicht angehen, dass alle Schimpansen gleich aussehen, weil ich denke, die sind ja nicht alle so Tausendlinge oder so (lacht) und ja, deswegen sollte halt jeder anders sein*“ (Abs. 144). Entsprechend ihrer geäußerten Vorstellung der inneren Entwicklungsvariation erklärt sich Anna das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen mit dem Unterschiedlich-Werden während der Individualentwicklung in den Zellen. Anna stellt sich vor, dass die Schimpansen „*vor dem Anfang*“ der Entwicklung schwarz seien. Im Laufe der Individualentwicklung entwickeln sich die Schimpansen dann zu unterschiedlichen intermediären hell-dunkel Varianten (u.a. DH1, DH2). Als Dauer der Entwicklung gibt Anna sechs Monate an (Abs. 133-138). Die Abweichungen, die während der Individualentwicklung auftreten, bewertet Anna mitunter als Ausreißer und Defekte („*kaputtes Tier*“). Diese Vorstellung stammt wohl aus Annas Alltagserfahrung, da sie auf behinderte Menschen verweist: „*Nur bei manchen, also es gibt ja sehr viele Menschen, die sind ganz normal und es gibt ja auch welche, die haben wirklich irgendetwas, also vielleicht ein Stück Finger ab oder so und das passiert halt nur, wenn die Zellen sich irgendwie ein bisschen verdreht und dann kommt das dann so*“ (Abs. 70).

Zur Herkunft des Menschen verfügt Anna über eine sehr komplexe Mischvorstellung, die sie in einer Zeichnung festgehalten hat (Abbildung 29). Anna vermischt zahlreiche Konzepte miteinander. Die Konzepte, die in der Kinderzeichnung enthalten sind, werden im Folgenden anhand der Äußerungen von Anna ausführlich dargestellt:

Konzept der Affenabstammung

„Und dann kam halt der Affe. Da wurde dann daraus halt so ein Affe mit Menschenbeinen und dann denke ich mir wurde dann daraus der Mensch, also der Affe ist geblieben, der Menschaffe hat es aber nicht überlebt, also sozusagen, aber der Mensch ist dann auch geblieben, also aus dem Affen, der hat so einen Menschen, Menschaffe produziert und dann kam daraus irgendwie, wurde da einfach so der Mensch entwickelt dadurch“ (Abs. 179)

„Also durch den Affen wurde dann halt der Mensch erstellt und ja also dann wurde dann irgendwann jemand mit zwei Beinen und noch ein bisschen Haaren, aber es sah schon wie ein Mensch aus und irgendwann sah es dann halt so aus wie ein Mensch halt“ (Abs. 72)

Mythologische Figuren als erste Menschen: Adam und Eva

„Also ich stell es mir so vor, Adam. Also zuerst Adam und dann auch Eva. Und also

ich denke Adam war dann immer so alleine und dann kam halt aus dem Affen wurde dann halt noch so ein Menschaffe und dann, nach, und dann wurde daraus halt Eva und so, denk ich das waren die ersten Menschen [...] Ja, also alle Menschen, die ich, also ich denke, früher wurden sie glaub ich vom Affen erstellt, aber der Sohn, also Kein und Abel wurden glaub ich von Adam und Eva halt gemacht und nicht von Affen " (Abs. 167)

Steinzeitmenschen als erste Menschen: Höhlenmenschen

„Also das Männchen hier, also ich denke, dass die Menschen früher halt kaum Kleidung hatten, aber sich trotzdem was angezogen haben, also Mammut vielleicht irgendwie drumherum gemacht haben oder Fell was sie gefunden haben oder Tiere haben sie ja bestimmt auch gejagt und dann das Fell von denen genommen und sich es dann vielleicht um gemacht, wenn es so kalt ist, nicht dass die frieren [...] also ich würde sagen die wohnen halt eben immer in Höhlen und haben sich bestimmt irgendwie einen Raum oder so gebaut und können sich dann auch immer Feuer machen (fährt mit ihrer rechten Faust über ihre linke offene Handfläche), joa und die schlachten wahrscheinlich auch immer Tiere und wollen die jagen, damit sie auch was zu essen haben, weil sonst geht es ja nicht und sie ernähren sich bestimmt auch im Winter von auch noch von Tieren, aber ich glaub im Sommer nehmen sie, glaub ich, mehr Beeren und sowas, damit sie nicht so viele Tiere fangen müssen, also vielleicht nur wenn so ein Festmahl ist oder sowas“ (Abs. 161-165)

Schöpferische/gelenkte Eingriffe Gottes bei der Menschwerdung

„Also er hat, es gibt ja so minikleine Zellen auch ja und es gibt auch manchmal auch, da kommen auch Bananen raus und sowas oder aus den Bäumen, dann kommt eine Banane, nimmt sich der Affe, und dann, Gott hat ja wieder den Baum erstellt für die Banane“ (Abs. 208)

„Also muss ja nicht jeder Affe immer was dazu machen und es war ja auch bei Gott, dann muss er halt nicht alles erstellen, dann muss er nur die Zellen machen und dann wird das“ (Abs. 169)

„Also [Gott] erstellt ja eigentlich nichts bis auf die Zellen“ (Abs. 210)

„Und die Zellen überlegen sich halt selbst aus was sie schlüpfen und wenn es von einer Sache vielleicht nur eins gibt, dann schlüpfen die daraus. [...] Also Gott hat auch ein Affenhaar so erschaffen sozusagen“ (Abs. 212)

Zufällige, nicht-geplante Ereignisse bei der Menschwerdung

„Also hier oben ist so ein Baum, warte (...) (zeichnet). Da sitzt halt gerade ein Affe drauf (...) (zeichnet) isst eine Banane, fällt runter bis sie am Boden ist und zufällig kommt da noch ein Haar, fällt da mit rein“ (Abs. 191)

„Also der Affe wurde ja, hat sich jetzt nicht so verändert, der Affe hat nur einen Menschaffen erstellt, er wusste ja nicht, dass daraus ein Mensch kommt, aber er hat es einfach irgendwie gemacht, wenn er irgendetwas isst und dann vielleicht noch ein Krümel von seinen Haaren herunterlässt und das dann in eine Banane kommt, dann wächst das halt so, sozusagen“ (Abs. 185)

Hybridisierungsvorstellung: Affenhaar + Banane

„Also es ist nicht immer nur eine Banane. Es könnten auch andere Sachen sein, zum Beispiel ein Blatt, also wenn irgendetwas mit dem Haar vermischt wird, aber es MUSS ein Affenhaar sein“ (Abs. 201)

„[...] dann ist bestimmt das Affenhaar und die Banane so zusammengekommen und haben einen Affen ergeben oder sowas“ (Abs. 212)

Urzeugungsvorstellung: Spontanentstehung der Menschenaffen aus der Bananenschale

„Ja, dann kommt das halt zusammen und die Schale geht dann zu und das Haar drinnen und irgendwann stoßt die Schale weg und dann schlüpft da halt so wie ein Menschaffe oder manchmal auch ein Affe raus und dann kommt das halt zum Mensch“ (Abs. 197)

„Also so eine Haarsträhne vom Affen, falls er eins verliert oder so und dann kommen daraus, kommt das da halt raus und dann, wenn der Menschaffe stirbt, kommt dann eben der Mensch“ (Abs. 187)

Ontogenetische Vorstellung

„Wenn er [der Affe] irgendetwas isst und dann vielleicht noch ein Krümel von seinen Haaren herunterlässt und das dann in eine Banane kommt, dann wächst das halt so, sozusagen und dann zum Menschaffen und dann lebt der halt ein Monat und macht alles so wie ein Affe läuft aber wie ein Mensch und sowas“ (Abs. 185)

„Also, meistens ist es so, halbes bis ganzes Jahr und wenn es richtig gut läuft dann dauert es nur zwei Monate“ (Abs. 216)

Im Unterschied zu Julia (B7), die die Konzepte der Affenabstammung und Schöpfung voneinander trennt und zwischen beiden Konzepten hin- und hergerissen ist, versucht Anna die Konzepte miteinander in einer „theistischen“ Evolutionsvorstellung zu harmonisieren und sieht sie nicht als konkurrierende Ansichten (Abbildung 29).

Wie aus den dargestellten Konzepten der komplexen Mischvorstellung von Anna ersichtlich wird, sind darin zahlreiche fehlerhafte Teilvorstellungen enthalten. Anna versteht die Menschwerdung in erster Linie auf der Individualebene und nicht als eine Entwicklung, die über längere Zeiträume erfolgt und mit zahlreichen Eltern-Nachkommen-Abfolgen (Eltern → Nachkommen/Eltern → Nachkommen usw.) verbunden ist. Ein Populationsdenken ist ebenfalls nicht feststellbar. Außerdem fällt die anthropomorphe (intentionale) Sprache von Anna auf: Menschen werden angeblich „*vom Affen erstellt*“ und „*Zellen überlegen sich selbst aus was sie schlüpfen*“ (Abs. 169, 212, 72). Unübersehbar ist auch die Fehlvorstellung von „Mischwesen“. Die Mischwesen entstehen gemäß Annas Vorstellung durch die Hybridisierung auf zellulären Ebene bzw.

Gewebeebene. Auch ein Kentaur, ein Mischwesen aus einem Pferd und einem Menschen, kann nach Annas Vorstellung durch eine Hybridisierung entstehen: „*Und wenn es zum Beispiel ein Pferdehaar ist, dann kommt, das ist dann halt so, es ist so erst ein Pferd, dann so halb Pferd, halb Mensch, und dann wird es auch so ein richtiger Mensch*“ (Abs. 204). Hierbei wird zudem deutlich, dass sich Anna die Entwicklung auf die Menschen hingerichtet denkt. Egal welches Haar sich mit „irgendetwas“ (Blatt, Banane) mischt: das Ziel- und Endprodukt ist „der Mensch“.

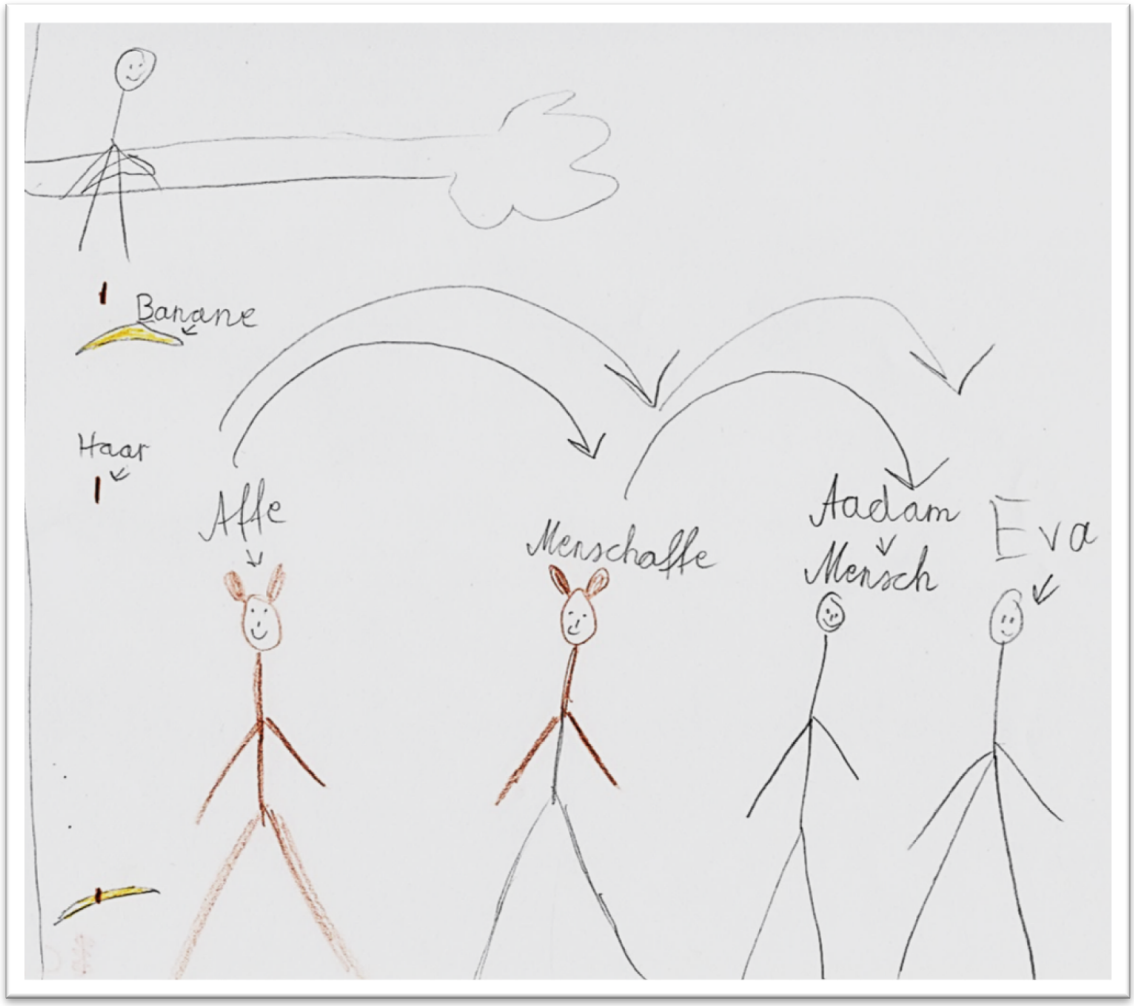


Abbildung 29: Komplexe Mischvorstellung zur Menschwerdung. Ein auf einem Baum sitzender Affe (links oben) verliert zufälligerweise ein Affenhaar, welches sich zufälligerweise mit einer Banane mischt (Haar-Banane-Hybridisierung). Aus der Banane schlüpft dann ein Affe bzw. Menschenaffe (Spontanzeugung), der sich zum Menschen entwickelt. Als erste Menschen werden die mythologischen Figuren „Adam und Eva“ angesehen, die von Affen abstammen und „Kein und Abel“ zeugten. Die frühesten Menschen waren Steinzeitmenschen (Höhlenmenschen). Gott schuf die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen der Affenabstammung und beeinflusste die Entwicklung in mancher Hinsicht.

Woher stammen Annas Vorstellungen?

Anna gibt unterschiedliche Quellen für ihre Vorstellungen an. Von ihrer Mutter hat sie von der Erschaffung der Welt und der Lebewesen gehört:

> „Ich habe es mir schon immer so vorgestellt, also, auch als ich noch im Kindergarten war. Irgendwann hat meine Mutter mir halt gesagt: Gott hat die Welt erschaffen. Und dann habe ich mir dann einfach irgendwie so eine eigene Welt so ausgedacht und dann habe ich mir dann halt immer die ganze Zeit überlegt wie soll ich das machen und sowas und dann habe ich irgendwie gemerkt, wenn das aus den Zellen kommt, dann gibt es doch eigentlich einen Sinn und dann wurde mir das halt alles klar und dann, ja, dann hab ich das immer weitergedacht und ja so denk ich es heute noch [...] also sie [meine Mutter] hat gesagt, er hat die Lebewesen erschaffen, aber ich habe es mir so vorgestellt, er hat nur die Zellen erschaffen und daraus kommt dann alles“ (Abs. 45, 47).

Eine andere wichtige Vorstellungsquelle, die Anna im Interviewgespräch angibt, ist eine Audio-CD über Tierwelten: *„Ich habe mal so eine CD über Tierwelten gehört und da ging es halt um den Affen und dieser CD haben die dann halt auch alles erzählt was der macht“ (Abs. 124)*. Neben den Audiomedien gibt Anna auch den Zoo als Quelle an. Die originale Begegnung mit den Affen hat offenbar entscheidend zu Annas Vorstellungsbildung beigetragen:

> „Ich war mal in einem Zoo und da waren halt auch ganz viele Affen, da durften wir in so ein Affengehege gehen und da durftest du die füttern und die haben dir das halt auch so aus der Hand genommen und sind dann auch irgendwie immer so NORMAL gelaufen (steht auf und läuft kurz) und dann habe ich mir so gedacht, wie, also wenn die keine Haare hätten, könnten sie ja fast wie ein Mensch sein und so habe ich mir das dann halt vorgestellt, dass das dann halt immer besser wird“ (Abs. 92).

Den Sachunterricht gibt Anna an keiner Stelle im Interviewgespräch an.

7.1.5 Didaktische Strukturierung: Lernchancen und Lernhindernisse

Die Lernvoraussetzungen zwischen den Grundschulkindern variieren sehr stark. Um eine optimale individuelle Förderung zu ermöglichen, sind daher immer die konkreten individuellen Vorstellungen in der jeweiligen Grundschulklasse zu erheben. Aus den hier identifizierten Typen und den damit verbundenen Vorstellungen lassen sich jedoch allgemeine Lernhindernisse und Lernchancen herausarbeiten, die für die Planung eines binnendifferenzierten Evolutionsunterrichts im Primarbereich genutzt werden können (Anhang III, D). Im Folgenden werden typenspezifische Unterrichtsstrategien aufgezeigt und ein allgemeines Vorgehen vorgeschlagen.

7.1.5.1 Didaktische Überlegungen zum Evolutions-Typ

Bei den Grundschulkindern des Evolutions-Typs kann in Bezug auf viele Aspekte an die vorhandenen Vorstellungen angeknüpft werden (kontinuierlicher Lernweg; Anhang III, D). Relativ häufig gehen Kinder, die dem Evolutions-Typ zuzurechnen sind, von Kleinst- und Wasserlebewesen als früheste Lebewesen aus und verbinden mit Veränderungen der Lebewesen die Erschließung neuer Lebensräume. Als thematische Anknüpfungspunkte bietet sich hier die Behandlung der evolutionären Großübergänge in der Erdgeschichte an, insbesondere die Evolution „vom Wasser aufs Land“ und die umgekehrte Evolutionsrichtung „vom Land ins Wasser“ (u.a. die Evolution der Wale). Auch die Entwicklung der Flugfähigkeit bei einer Gruppe der befiederten Dinosaurier (Land-Luft-Übergang) und der evolutionäre Übergang vom Baum- zum Bodenleben am Beispiel der Menschenaffen können als Schlüsselthemen genutzt werden, um an vorhandenen Vorstellungen und an den feststellbaren Interessen der Grundschulkinder anzuknüpfen. Dabei können die jeweiligen Lebensräume (Wasser, Land, Luft) erforscht werden.

Neben den Lernchancen, die sich hier ergeben, ist bei der Betrachtung der Großübergänge darauf zu achten, dass die Fehlvorstellung von „Typensprüngen“ verhindert wird. Bei der Behandlung des Evolutionsgeschehens sind natürlich auch die langen evolutionären Zeiträume zu verdeutlichen. Allerdings sind Vorstellungen von großen Zeiträumen bei Kindern im Grundschulalter noch sehr unausgeprägt. Ein erstes erdgeschichtliches Zeitverständnis auf Grundschulniveau kann mithilfe von Zeitleisten (unter anderem Zeitschnüre oder Zeitzollstöcken) aufgebaut werden (Graf & Schmidt-Salomon 2017, Graf & Wieder 2017). Insbesondere bei Grundschulkindern des Evolution-Typs scheint

das Vorgehen vielversprechend, da diese die Lebewesen bereits häufig selbst nach der Zeit ordnen. Als lernhinderlich erweist sich die lineare Anordnung der Lebewesen und die damit einhergehende Vorstellung einer geradlinigen auf den Menschen hingerichteten Perfektionierung und fortschreitenden Höherentwicklung der Lebewesen (evolutionäre Stufenreihe). Im Kontrast dazu steht der viel verzweigte evolutionäre Stammbaum der Lebewesen. Vom Ordnen nach Zeit und der Ähnlichkeit der Lebewesen kann die Brücke zum Ordnen nach der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft geschlagen werden. Die Vielfalt der Lebewesen ist evolutionsbiologisch in einem verzweigten Stammbaum anzuordnen, bei dem jede heute lebende Art als Ende eines Astes zu verstehen ist. Mit dem stammesgeschichtlichen Ordnen der Lebewesen nach gemeinsamen Abstammungsgemeinschaften können auch leistungsstärkere Grundschulkinder des Evolutions-Typs in ihrer Lernentwicklung zum Thema Evolution gefördert und kognitiv gefordert werden.

Viele Kinder des Evolutions-Typs können sich die Evolution nicht erklären. Manche Kinder benutzten Umweltfaktoren als natürliche Erklärungen. Damit die Lernenden das Unterschiedlich-Werden der Organismen im Laufe der Evolutionsgeschichte besser verstehen, kann das Konzept der evolutionären Angepasstheit eingeführt werden. Dabei ist darauf einzugehen, dass die Angepasstheit der Lebewesen nicht perfekt, sondern relativ ist. Die Angepasstheit hängt von den jeweiligen Umweltbedingungen ab, die sich im Laufe der Zeit verändern können. Die identifizierbaren Kindervorstellungen zu den „externen Auslösern“ der evolutionären Veränderungen können dabei genutzt werden, um eine Brücke zu den abiotischen und biotischen Evolutionsfaktoren zu schlagen. Dabei ist zu verdeutlichen, dass sich die Angepasstheit der Lebewesen nicht direkt aus den Umweltwirkungen ergibt. Lebewesen passen sich nicht aktiv und zielgerichtet an, sondern werden über Generationen hinweg durch die *natürliche Selektion* angepasst. Der grundlegende Evolutionsmechanismus der Evolution (Variation und Selektion) kann zum Beispiel mit Hilfe von Selektionsspielen (z.B. Räuber-Beute-Beziehungen) simuliert werden (Schmidt et al. 2017, Graf & Schmidt-Salomon 2017).

Insbesondere bei der Humanevolution ergeben sich zahlreiche Anknüpfungsmöglichkeiten beim Evolutions-Typ. Der Evolutions-Typ erkennt nicht nur die Ähnlichkeiten zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen, sondern verfügt bereits über Vorstellungen zu den Steinzeitmenschen und der evolutionären Menschwerdung (Affenabstammung). Neben den sich hier ergebenden Lernchancen erweist sich

die Fehlvorstellung einer geradlinigen und zielgerichteten Höherentwicklung zum Menschen als lernhinderlich. Hier bietet sich die vergleichende Betrachtung von Merkmalen, spezifischen Fähigkeiten und Lebensräumen der verschiedenen Menschenaffen an, um herauszuarbeiten, dass Wertungen wie „höherentwickelt“ oder „unterentwickelt“ evolutionsbiologisch unangebracht sind. Die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans sind nicht „besser“ oder „schlechter“ als Menschen, sondern an unterschiedliche Lebensräume angepasst. Die Menschen sind selbst Menschenaffen und Teil des Organismenreiches, stehen den anderen Menschenaffen aber auch mit spezifischen evolutionären Angepasstheiten gegenüber. Jeder Menschenaffenart ist als eine *Eigenart* darzustellen, die mit anderen Menschenaffenarten in stammesgeschichtlichen Verwandtschaftsverhältnissen steht.

Als korrekturbedürftig erweist sich die Vorstellung, die heute lebenden Menschenaffen (z.B. Gorillas oder Schimpansen) seien die Vorfahren der Menschen. Um diesbezüglich einen *Conceptual Change* zu ermöglichen, kann an die vorhandenen Vorstellungen zur Familienverwandtschaft angeknüpft werden. Der Familienstammbaum (Individuen) kann mit einem evolutionären Stammbaum (taxonomische Einheiten) verglichen werden. Anhand der Vorstellungen zur Familienverwandtschaft ist die Abstammung von letzten gemeinsamen Vorfahren zu verdeutlichen. Am Beispiel der „Menschenaffen-Familie“ empfiehlt sich, das evolutionäre Stammbaumdenken und -lesen anzubahnen.

7.1.5.2 Didaktische Überlegungen zum Schöpfungs-Typ

Beim Schöpfungs-Typ sind vor allem diskontinuierliche Lernverläufe zu erwarten (Anhang III, D). Zur Frage nach der Entstehung der Lebewesen liegen bei diesen Grundschulkindern fest verankerte Schöpfungsvorstellungen vor, die nicht mit einem Evolutionsgeschehen harmonisieren. Aussagen aus den „heiligen Schriften“ gelten buchstäblich. Aber nicht nur das wortwörtliche Festhalten an religiösen Überlieferungen kann sich als lernhinderlich erweisen. Vertreter des Schöpfungs-Typs argumentieren auch häufig gegen die Affenabstammung des Menschen (Anti-Evolutionismus). Die Argumentationen basieren dabei auf Fehlvorstellungen und fehlenden Vorstellungen zur Evolution. Die schriftorientierten, religiösen Auffassungen sowie die fehlerhaften und fehlenden Evolutionsvorstellungen erschweren zusammen die Entwicklung eines sachgemäßen Evolutionsverständnisses (Tabelle 27). Es bieten sich daher mehrere Unterrichtsstrategien an.

Aufbau- und Anknüpfungsstrategie: Probleme beim Evolutionslernen können durch fehlendes Wissen begründet sein. Vorstellungen zur Evolution müssen im Sachunterricht aufgebaut werden, damit die Kindervorstellungen auf der Basis einer soliden naturwissenschaftlichen Grundlage weiterentwickelt werden können. Dazu kann zunächst an den vorhandenen Alltagsvorstellungen angeknüpft werden (Tabelle 27). Die Aktivierung religiöser Vorstellungen ist dabei zu vermeiden (Ausklammerungsstrategie). Erst wenn es in einem ersten Schritt gelingt, ein elementares evolutionsbiologisches Verständnis aufzubauen, ist die Reflektion der unterschiedlichen Positionen überhaupt vernünftig möglich (fächerübergreifende Strategie).

Tabelle 27: Lernhindernisse und Lernchancen beim Schöpfungs-Typ in Bezug auf die Humanevolution. Dargestellt sind typische kreationistische, fehlerhafte und fehlende Vorstellungen zur Evolution. Bei einigen Kindern erschweren diese zusammengenommen das Verständnis der Humanevolution. Es lassen sich allerdings auch Anknüpfungspunkte für den frühen Evolutionsunterricht finden.

Kreationistische Vorstellungen	Fehlerhafte Vorstellungen	Fehlende Vorstellungen	Anknüpfungs-punkte
Menschen und nicht-menschliche Affen als getrennte Schöpfungen	Abstammung der Menschen von heute lebenden Affen	Kein Stammbaum-denken	Familien-verwandtschaft (gemeinsame Vorfahren)
Einzelne Individuen (Adam & Eva) wurden direkt von Gott erschaffen	Humanevolution auf der Individualebene. Die Vorstellung einer uniformen Trans-formation	Kein Variations- und Populations-denken	Einzigartigkeit der eigenen Person und Variation innerhalb von Schimpansen-Populationen
Die ersten Menschen erscheinen plötzlich und wunderhaft (u.a. direkte Erschaffung aus Erde und Wasser, aus einer Rippe)	Sprunghafte Affen-abstammung (Typensprung)	Kein generations-übergreifendes Denken. Kein evolutionäres Zeitverständnis	Familiäre Generations-abfolgen/ Ahnenreihen
Gleichzeitige bzw. gestaffelte Schöpfung der Lebewesen nach den Schöpfungstagen	Fehlerhafte zeitliche Anordnung der Lebewesen (z.B. Menschen erscheinen *vor* den nicht-menschlichen Affen)	Fehlender Überblick über das Evolutions-geschehen. Kein Denken in gemeinsamen Abstammungs-gemeinschaften (Menschenaffen)	Freies Ordnen der Lebewesen nach der Zeit (Zeitleisten). Reise in die Vergangenheit ausgehend von den *jetzt* lebenden Menschen
Die Menschen als besondere Geschöpfe (Krone der Schöpfung)	Die Heraushebung des Menschen aus dem Tierreich (Sonderstellung des Menschen)	Kein evolutionär-vergleichendes Denken (Eigenart der Menschen)	Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Menschen und den anderen Menschenaffen

Kontraststrategie: *Fehlvorstellungen zur Evolution* sind als korrekturbedürftig zu betrachten und sollten im Sachunterricht zu fachlich angemesseneren Vorstellungen umstrukturiert und weiterentwickelt werden (Tabelle 27). Kritische Einwände von Kindern gegen die Affenabstammung sind ernst zu nehmen. Sie sollten nicht abqualifiziert werden. Die Einwände können auch unterrichtlich genutzt werden. Dabei werden die fehlerhaften Vorstellungen, die in den Einwänden stecken, den tatsächlichen Evolutionsvorstellungen kontrastierend gegenübergestellt (Konfrontationsstrategie). Dabei können kognitive Konflikte erzeugt werden, um die verfestigten Vorstellungen aufzubrechen. Die evolutionsbiologischen Vorstellungen sollten dann möglichst attraktiv und plausibel gemacht sowie in multiplen Kontexten angewandt werden.

Fächerübergreifende Strategie: Mit den *kreationistischen Vorstellungen* sollte sich fachübergreifend auseinandergesetzt werden, um religiös begründete Vorbehalte gegen die Evolution abzubauen. Dialogisch kann auf einer philosophischen Ebene die religiöse und naturwissenschaftliche Perspektive auf Grundschulniveau betrachtet und reflektiert werden (Philosophieren mit Kindern). Dabei ist zu verdeutlichen, dass die evolutionsbiologische Vorstellung nicht im Widerspruch zum Gottesglauben und einer Schöpfung stehen muss. Vertreter der evangelischen und römisch-katholischen Kirche sowie liberale Muslime in Deutschland sehen keine Inkompatibilität zwischen Evolution und Schöpfung (Demirci 2016; EKD 2008; Waschke & Lammers 2011; Ohly 2011). Den Schülerinnen und Schülern ist zu vermitteln, dass die Evolutionsgeschichte, die im Sachunterricht behandelt wird, auf wissenschaftlichen Argumenten beruht und grundsätzlich nur durch wissenschaftliche Ergebnisse beleg- bzw. widerlegbar ist. Schöpfungsberichte können keinen naturwissenschaftlichen Anspruch erheben und sind damit auch nicht an die Stelle evolutionsbiologischer Erklärungen zu setzen. Im Religionsunterricht können Schöpfungsvorstellungen und die historisch-kritische Auslegungen der Schöpfungstexte behandelt werden. Das Theologisieren und Philosophieren zum Thema Evolution und Schöpfung kann komplementäres und mehrperspektivistisches Denken fördern und zum kritischen Hinterfragen der kreationistischen Vorstellungen beitragen (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Heinz-Hermann 2018; Hoffmann 2014; Koch 2014; Michalik 2011; Weiß 2016).

7.1.5.3 Didaktische Überlegungen zum Schwankungs-Typ

Grundschulkinder, die sich dem Schwankungs-Typ zuordnen lassen, verfügen bereits

teilweise über Vorstellungen zur Evolution, u.a. zum Unterschiedlich-Werden der Lebewesen im Laufe der Zeit, zur Affenabstammung und zu den Steinzeitmenschen. Diese Vorstellungen können als primäre Anknüpfungspunkte für Lernprozesse dienen (Anhang III, D). Die vorhandenen Lernpotentiale zur Humanevolution sollten gefödert werden, wobei die Vorstellungen individuell ergänzungs- und korrekturbedürftig sind. Die vorhandenen Vorstellungen zur Evolution sind fachgemäß umzustrukturieren und zu festigen, ohne dass dabei Schöpfungsvorstellungen oder Vorstellungen zu mythologischen Figuren bewusst gemacht und auf die fachlichen Vorstellungen bezogen werden müssen (Umgehungsstrategie). Durch eine Aktivierung der vorhandenen Schöpfungsvorstellungen im Kontext *naturgeschichtlicher* Fragestellungen könnten unerwünschte Lernbarrieren aufgebaut werden (fachlich unangemessene Assimilation), was zu vermeiden ist (*Brücken-Strategie*). Sollten Kinder Schöpfungsvorstellungen selbst ansprechen und darüber diskutieren, ist dies nicht zu unterbinden. Diskussionspunkte können im späteren Zeitpunkt in einer fächerübergreifenden Lerneinheit sowie im Religionsunterricht (wieder) aufgegriffen und vertieft werden.

Grundschulkinder des schwankenden Typs können sich die evolutionären Veränderungen häufig nicht erklären, was Zweifel am Evolutionsgeschehen hervorruft. Daher sollten die Grundschulkinder den grundlegenden Mechanismus der Evolution (natürliche Selektion) kennenlernen. Diesbezüglich bietet es sich an, zunächst die biologische Variation als Ankerkonzept einzuführen. Hierbei kann bei den variativen Beschreibungen der Menschen und Schimpansen angesetzt werden (wie auch beim Evolutions- und Schöpfungs-Typ).

Nachdem mit den Kindern eine solide Wissensgrundlage zum Thema Evolution erarbeitet wurde, kann der *Brücken-Strategie* folgend die religiöse und die naturwissenschaftliche Perspektive angesprochen und philosophisch bzw. theologisch reflektiert werden (fachübergreifendes Vorgehen). Die Grundschulkinder sollten dabei nicht in eine bestimmte weltanschauliche Richtung gelenkt werden, sondern ihren eigenen Standpunkt entwickeln und vertreten können (Graf & Schmidt-Salomon 2017).

7.1.5.4 Didaktische Überlegungen zum theistischen Evolutions-Typ

Der theistische Evolutions-Typ empfindet keinen Widerspruch zwischen Evolution und Schöpfung. Bei den Kindern liegen grundsätzlich keine ideologischen Vorbehalte gegen

evolutionsbiologische Inhalte vor. Da der theistische Evolutions-Typ über Vorstellungen zur Humanevolution (u.a. Affenabstammung, Steinzeitmenschen, biologische und kulturelle Veränderungen in der Menschheitsgeschichte) verfügt, kann vor allem an diese Vorstellungen angeknüpft werden (Anhang III, D). Bei der Frage zum Ursprung der allerersten Lebensformen (chemische Evolution) stellt sich die Ausgangslage schwieriger da, insbesondere, wenn Kinder annehmen, Gott habe nicht nur den Urknall verursacht (Welterschaffung), sondern auch die „ersten Zellen" erschaffen. Da ein Verständnis der Abiogenese aber nicht notwendig ist, um die biologische Evolution zu verstehen, muss das Thema auch nicht an den Anfang der Vermittlung der biologischen Evolution gestellt werden. Nachdem evolutionsbiologische Schlüsselkonzepte (u.a. der Stammbaum der Lebewesen) behandelt wurden, kann thematisiert werden, was an den Wurzeln des Stammbaums steht und wie die ersten Lebewesen entstanden sein könnten. Hier können sich bei manchen Kindern durchaus Anknüpfungsmöglichkeiten ergeben (Kleinstlebewesen als erste Lebewesen). Es muss dabei allerdings bedacht werden, dass Grundschulkinder unter den biologischen Begriffen (wie „Zellen" und „Bakterien") meist andere Dinge verstehen und grundlegende Begriffe zunächst (um)gelernt werden müssen.

Der theistische Evolutions-Typ kann mitunter über sehr komplexe Vorstellungen verfügen, da er mehrere Konzepte miteinander mischt (komplexe Hybridvorstellungen). Solche individuellen Mischvorstellungen sind nicht herabzusetzen. Im Gegenteil: Die in den Mischvorstellungen enthaltenen Teilvorstellungen zur Evolution sind als Sprungbretter zu betrachten, um die Vorstellungen mithilfe von kindgerechten Lehr-Lernmaterialien in wissenschaftlich angemessenere Vorstellungen umzustrukturieren (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Graf & Wieder 2017).

7.1.5.5 Allgemeine didaktische Überlegungen und Folgerungen

Aus der kategorienbasierten Auswertung und den Analysen der Kindervorstellungen lassen sich allgemeine didaktische Folgerungen für einen schülerorientierten Einstig in das Thema Evolution im Grundschulbereich ableiten. Die folgenden 8 Leitlinien dienen als Grundlage für die Entwicklung einer Unterrichtseinheit zur Humanevolution.

1. Ein humanzentrierter Einstieg in den Themenkomplex Evolution

Beim Unterrichten der Evolution können die Menschen als Bezugspunkt genutzt werden. Humanbiologische Fragen, die die Kinder persönlich betreffen, sind lebenswelt-

bedeutsam und interindividuell relevant. An die menschliche Lebenswelt kann jedes Grundschulkind anknüpfen (u.a. die Einzigartigkeit der eigenen Person, familiäre Generationsabfolge), unabhängig davon, ob es über Vorstellungen des Schöpfungs-Typs oder Evolutions-Typs verfügt. Orientiert am hohen Interesse der Kinder und am didaktischen Prinzip der Erfahrungsnähe ist empfehlenswert, die Menschenevolution als Ausgangspunkt zur Vermittlung der Evolution zu wählen und diese nicht erst am Ende des Evolutionsunterrichts zu behandeln. So wird auch nicht die verbreitete Vorstellung, die Evolution steuere auf die Menschen zu, künstlich verstärkt. Beim Einstig in das Thema Evolution besteht dabei die Möglichkeit, den Evokids-Film „*Big Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*" einzusetzen. Dabei reisen die Kinder ausgehend von den heute lebenden Menschen (über ihre Mutter, Großmutter und Urgroßmutter) zurück in die Vergangenheit und treffen auf ihre weitentfernteren Vorfahren – u.a. auf ihre „Steinzeit-Oma", „Oma erectus" und „Oma Australopithecus" (Graf & Schmidt-Salomon 2017). Der Film ist auf dem Evokids-Youtube-Kanal[14] abrufbar.

2. Die Affenabstammung als Thema nicht umgehen, sondern das Interesse daran fördern

Die Affenabstammung ist ein Thema mit einer besonderen Relevanz und Brisanz für alle befragten Kinder der Untersuchung. Obwohl die Affenabstammung des Menschen bei einigen Grundschulkindern auf Bedenken stößt, hatten die Kinder grundsätzlich alle ein großes Interesse an der Frage nach der ursprünglichen Entstehung der Menschen. Die Interviews zeigen auch, dass alle befragten Kinder bereits über Vorstellungen zur Affenabstammung verfügen. Die Vorstellungen stammen aus vielfältigen Quellen (u.a. aus Büchern, Fernsehsendungen, Audiomedien, Zoobesuche, Gespräche mit Eltern und Peers), wobei gerade der Sachunterricht von den Kindern *nicht* genannt wird. Auch Kinder, die dem Schöpfungs-Typ angehören, äußern Vorstellungen zur Affenabstammung, wenn sie gegen die Humanevolution argumentieren. Bei allen befragten Kindern liegen unorganisierte, lückenhafte und fachlich unangemessene Vorstellungen zur Affenabstammung vor (u.a. die Abstammung von rezenten Affen, eine geradlinige zielgerichtet Höherentwicklung, die sprunghafte Affenabstammung). Aus evolutionsdidaktischer Sicht ist die Behandlung der Affenabstammung zu empfehlen, um einer Verfestigung dieser Fehlvorstellungen entgegenzuwirken. Die Affenabstammung des

[14] Evokids-Film: https://www.youtube.com/watch?v=R3HnPLNMAHs (Stand: 01.02.2020)

Menschen sollte trotz der potentiellen Konflikte (mit konservativen Eltern und Lernenden) zum Unterricht der Grundschulen gehören.

3. Vorstellungen zur Menschenähnlichkeit der Affen nutzen

Nahezu alle Grundschulkinder, die befragt wurden, sehen die Affen als *menschenähnlichste* Lebewesen. Diese von den Kindern selbst feststellbare große Ähnlichkeit zwischen Menschen und Affen kann als gemeinsame Vorstellungsgrundlage verwendet werden, um danach zu fragen, wieso sich die Menschen und Affen so stark ähneln. Mit entsprechenden Lernangeboten kann nach Erklärungen für dieses Phänomen gesucht und das Konzept der Verwandtschaft durch gemeinsame Abstammung erarbeitet werden. Die vergleichende Betrachtung von Lebewesen ist in diesem Zusammenhang eine wichtige Grundfertigkeit, die frühestmöglich angebahnt und gefördert werden sollte. Mit der vergleichenden Betrachtung der heute lebenden Menschenaffen lassen sich Hinweise auf die gemeinsame Abstammung finden und die evolutionsbiologischen Zusammenhänge zwischen den Menschenaffen ergründen. Die evolutionären Verwandtschaftsverhältnisse der Menschenaffen lassen sich dann mit Hilfe eines phylogenetischen Stammbaums veranschaulichen (Stammbaumbetrachtung der Menschenaffen-Familie).

4. Evolutionäre Angepasstheiten der Menschenaffen behandeln

Viele Grundschulkinder der Interviewstudie nennen nicht nur Ähnlichkeiten, sondern auch *Unterschiede* zwischen Menschen und nicht-menschlichen Affen. Mehrheitlich trennen die Kinder die Menschen von den Tieren (Sonderstellung Mensch). Hierauf ist im Unterricht einzugehen, indem die Angepasstheiten und die Eigenarten der jeweiligen Menschenaffen behandelt werden. Das Vergleichen der Menschenaffen (Merkmale, Lebensräume) und das Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden stellt ein wichtiger vorbereitender Beitrag für das Verständnis der Humanevolution dar. Während die homologen Ähnlichkeiten zwischen den Menschenaffen auf die gemeinsame Abstammung zurückzuführen sind, lassen sich die Unterschiede zwischen den Menschen, Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans durch den Prozess der Evolution erklären (Diversifikation).

5. Das Variations- und Populationsdenken am Beispiel der Menschenaffen einüben

Bevor das Konzept der natürlichen Selektion eingeführt wird, sollte (neben einem grundlegenden Wissen zum Evolutionsgeschehen selbst) die Grundlage für das Selektionsverständnis gelegt sein, um Stolpersteine zu überwinden, die beim Lernen des

Anpassungsmechanismus häufig auftreten (z.B. das typologische Denken). Die Variation innerhalb von Populationen stellt die Voraussetzung für die Selektion dar. Es ist daher wichtig, vorab die biologische Variation zu behandeln und diese für den weiteren Lernprozess fruchtbar zu machen. Das Variations- und Populationsdenken (von der Typologie zur Variation & vom Individuum zur Population) kann am Beispiel der Menschen und den anderen Menschenaffen auf- und ausgebaut werden. Viele Grundschulkinder der Untersuchung wählen die gewöhnlichen Schimpansen bereits variativ aus, beschreiben diese unterschiedlich und verweisen dabei auf die Variation bei den Menschen. Hier ergeben sich fruchtbare alltagsnahe Anknüpfungen, um zu fachlich angemessenen Vorstellungen zur Variation zu gelangen und auch unangebrachten Stereotypisierungen (Rassismus) entgegenzuwirken. Bei der Behandlung der *phänotypischen* Variation muss nicht darauf eingegangen werden, wie die Varianten (Neuerungen) ursprünglich entstanden sind. Diese Frage sollte in der Sekundarstufe (Genetik und Entwicklungsbiologie) aufgegriffen und vertieft werden (u.a. Variation durch Mutation und genetische Rekombination).

6. Ein Verständnis der zeitlichen Dimension der evolutionären Veränderungen anbahnen

Viele der interviewten Kinder ordnen die Lebewesen von sich aus nach der Zeit. Im Unterricht zur Naturgeschichte ist daher zu erwarten, dass die zeitliche Einordnung der Lebewesen relativ leicht zu stimulieren ist. Allerdings ist bei den Grundschulkindern das Verständnis über die immensen erdgeschichtlichen Zeiträume noch sehr beschränkt. Geordnete Zeitvorstellungen sind bei Grundschulkindern noch stark in der Entwicklung begriffen (Ault 1982; Trend 1998). Wenn im Unterricht die großen erdgeschichtlichen Zeiträume thematisiert werden, kann der Fokus zunächst auf die letzten sechs Millionen Jahre gerichtet werden (Menschheitsgeschichte). So kann ein erstes evolutionäres Zeitverständnis angebahnt werden, ohne dass sich die Kinder gleich im zeitlichen Zahlenraum der Milliarden Jahre bewegen. Ausgehend von den Jetztmenschen kann gefragt werden, *wann* unsere Vorfahren, die Ur- und Frühmenschen, gelebt haben. Zur Verdeutlichung der zeitlichen Dimensionen des evolutionären Geschehens bieten sich Zeitleisten und Visualisierungen an, die die Zeitspannen räumlich darstellen. Auch mit kreisförmigen Zeitdarstellungen (Urzeit-Uhren) lassen sich die Zeiträume des Evolutionsgeschehens veranschaulichen (Graf & Schmidt-Salomon 2017). Das im Zusammenhang der Humanevolution geweckte evolutionäre Zeitverständnis lässt sich

dann im weiteren Lernverlauf auf die gesamte Erd- und Evolutionsgeschichte erweitern, sodass die jungen Lernenden ein erstes Verständnis der „Tiefenzeit“ (deep time) entwickeln können (Graf & Wieder 2017).

7. Anhand verschiedener steinzeitlicher Menschenaffen die evolutionäre Veränderlichkeit verdeutlichen

Die Steinzeit stößt allgemein auf ein reges Interesse bei den Kindern. Das zeigt sich auch daran, dass die meisten befragten Kinder bereits über Vorkenntnisse zur Steinzeit verfügen. Namentlich werden in den Interviews allerdings nur die Neandertaler genannt. Es ist sinnvoll, dass Kinder sich mit mehreren Steinzeitmenschen beschäftigen, die zu unterschiedlichen Zeiten gelebt haben (Vor-, Ur-, und Frühmenschen). So lassen sich die Veränderungen im Laufe der Humanevolution differenzierter aufzeigen und die Vorstellungen einer sprunghaften Affenabstammung (Typensprünge) umgehen. Als bekannte fossile Vertreter kommen hier insbesondere „Lucy“ *(Australopithecus afarensis)* und *Homo erectus* in Frage. Vor-, Früh-, und Jetztmenschen können charakterisiert, miteinander verglichen und in einem verzweigten Stammbaum angeordnet werden (Brennecke et al. 2017). Die wissenschaftlichen Vorstellungen zu den Vor-, Urmenschen und Frühmenschen können jene Kinder in einen kognitiven Konflikt versetzen, die „Adam und Eva“ als *historisches* erstes Menschenpaar ansehen und von der Konstanz der Menschen ausgehen. Die provozierten kognitiven Konflikte können einen *Conceptual Change* bei den Kindern einleiten.

8. Vorstellungen zur menschlichen Kulturentwicklung aufgreifen

Die meisten der interviewten Kinder nennen biologische und kulturelle Veränderungen im Laufe der Menschheitsgeschichte und stellen sich die Entwicklung von einem Affenmenschen zum Kulturmenschen vor. Im Sinne einer ganzheitlichen Sicht auf die Humanevolution ist die Evolution von Körper und Geist nicht dualistisch zu trennen. Vielmehr ist ein Verständnis der Interdependenzen der biologischen und geistig-kulturellen Evolution anzubahnen (Graf & Schmidt-Salomon 2017). In diesem Zusammenhang können die Kinder auch einen Vorausblick auf mögliche zukünftige bio-kulturelle Entwicklungen wagen. Daran sind Grundschulkinder der Untersuchung interessiert und äußern verschiedene Vorstellungen (u.a. Cyborgs).

7.2 Vorstellungsentwicklungen von Grundschulkindern zur Humanevolution

Im Rahmen des Evokids-Projektes wurden zahlreiche Lehr-Lernmaterialien zum Thema Evolution entwickelt und veröffentlicht (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Graf & Wieder 2017). Anknüpfend daran wurden in der Forschungsarbeit auf der Grundlage der erhobenen Kindervorstellungen und der dargestellten didaktischen Überlegungen ausgewählte Lehr-Lernmaterialien zur Vermittlung der Humanevolution iterativ weiterentwickelt und in einer Stationenarbeit zum Thema „**Die Menschenaffen-Familie**" integriert (Kapitel 6.2.1). Als Forschungsergebnis des zweiten Teils der Arbeit wird die Konzeption des Evokids-Lernangebots zur Menschenaffen-Familie beschrieben (Kapitel 7.2.1). Daran schließen sich die Ergebnisse der Prä- und Posttests der Intervention an. Dabei werden die Ergebnisse zur Vorstellungsentwicklung der untersuchten Grundschulkinder zunächst übersichtsartig, kategorienbasiert aus der Fachperspektive bewertet dargestellt (Kapitel 7.2.2). Schließlich wird die Vorstellungsentwicklungen von vier Kindern einer heterogenen Lerngruppe tiefergehend analysiert, wobei aufgetretene Lernhindernisse und Lernfortschritte aufgezeigt werden (Kapitel 7.2.3). Abschließend werden didaktische Konsequenzen für die Weiterentwicklung der Evokids-Materialien gezogen (Kapitel 7.2.4).

7.2.1 Konzeption der Evokids-Lernangebote zur Menschenaffen-Familie

Das in dieser Forschungsarbeit entwickelte Unterrichtskonzept hat das Ziel, ein grundlegendes Verständnis der Humanevolution aufzubauen. Dabei sollen an fünf Lernstationen und einem Lernspiel („*Mach dich zum Affen*") grundlegende Kenntnisse über die Großen Menschenaffen und ihrer stammesgeschichtlichen Verwandtschaft vermittelt werden.

Mit dem Lernen an Stationen wird eine Lehrtechnik gewählt, die ein handlungsorientiertes, selbstgesteuertes, eigenverantwortliches und kooperatives Lernen mit klaren Strukturen ermöglicht (Bauer 1997). Durch die Lehr-Lerninteraktionen in kleinen Lerngruppen ist eine Umstrukturierung der Vorstellungen durch Ko-Konstruktion der Grundschulkinder angedacht (Brüning & Saum 2006). Durch den Austausch von unterschiedlichen Vorstellungen können in heterogenen Lerngruppen kognitive Konflikte

reifen, die zur Suche nach einer besseren Erklärung motivieren und die intendierten Vorstellungsentwicklungen fördern (Williams & Tolmie 2000). Außerdem setzt das didaktische Konzept auf ein *spielbasiertes* Lernen. Mit Lernspielen lassen sich erlernte Inhalte auf motivierende Weise einüben und neue Einsichten vermitteln (Petillon 1999). Im Folgenden sind die Lernangebote, die den inhaltlichen Rahmen für die Vorstellungsentwicklungen der Unterrichtseinheit bilden, näher dargestellt (siehe Anhang II, C):

Plenum: Die Großen Menschenaffen – wer gehört dazu?

Als Einstieg in die Unterrichtseinheit äußern die Grundschulkinder ihre Vorstellungen und Vorerfahrungen zu den Menschenaffen. Anschließend stellt die Lehrkraft die Großen Menschenaffen (Menschen, Gorillas, Schimpansen, Orang-Utans) anhand von Fotos vor. So wird eine gemeinsame Wissensgrundlage geschaffen, bevor sich die Grundschüler mit den Menschenaffen an den Lernstationen beschäftigen.

Station: Wir sind alle verschieden

An dieser Lernstation nennen und vergleichen Grundschulkinder Merkmale von sich selbst und anderen Mitschüler/-innen der Lerngruppe. Dazu messen die Kinder ihre Körpergröße an einer Messlatte und tragen diese Daten zusammen mit weiteren Körper- und Verhaltensmerkmalen (u.a. Augenfarbe, Haarfarbe, besonderes Können) in eine Tabelle ein. Zudem stempelt jedes Kind seinen eigenen, einzigartigen Fingerabdruck. Abschließend suchen die Kinder zusammen nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden. An dieser Lernstation wird die *Individualität* der Kinder thematisiert und das Variationsdenken aktiviert.

Station: Jedes Affengesicht ist anders

An dieser Lernstation betrachten und vergleichen die Grundschulkinder die Gesichter von jeweils vier unterschiedlich aussehenden Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans (insgesamt 12 Bildkarten). Jedem abgebildeten Menschenaffen wurde ein eigener Name gegeben. Aufgrund charakteristischer Gesichtsmerkmale (Schnauzen- und Nasenform) ordnen die Grundschulkinder die Bildkarten den drei Menschenaffen-Gattungen zu. An dieser Station wird die Unterschiedlichkeit *innerhalb* und *zwischen* den Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans thematisiert.

Station: Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher

An dieser Lernstation schaut jedes Kind der Lerngruppe auf einem eigenen Tablet (mit

Kopfhörern) die ersten 10 Minuten des Evokids-Films „*Big-Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*“. Dabei folgen die Grundschulkinder einem Kind, wie es anhand der mütterlichen Linie seines eigenen Stammbaums allmählich immer weiter zurück in die Vergangenheit reist und dabei auf seine immer affenähnlicher werdenden Vorfahren trifft. Die Reise endet beim letzten gemeinsamen Vorfahren aller Trockennasenaffen. Nachdem die Kinder den 10-minütigen Film geschaut haben, tauschen sich die Kinder über den Filminhalt aus und vergleichen die früheren Menschenaffen (*Homo erectus* und *Australopithecus*) mit den heute lebenden Menschen. Außerdem ordnen die Kinder die früheren Menschenaffen zeitlich ein (absolut und relativ), indem sie die im Lernvideo dargestellte Zeitangaben nutzen. An dieser Lernstation werden das allmähliche Unterschiedlich-Werden der Menschenaffen und die *zeitliche Dimension* der generationsübergreifenden Veränderungen thematisiert.

Station: Der Stammbaum der Menschenaffen-Familie

An dieser Lernstation beschäftigen sich die Grundschulkinder mit den gemeinsamen Vorfahren und den *Verwandtschaftsbeziehungen* der rezenten Menschenaffen. Dazu steht ihnen ein Stammbaum-Ordner zu verfügen. Mit Hilfe einer „Schritt für Schritt Anleitung“ reisen die Grundschulkinder von den heute lebenden Menschenaffen zurück zu den jeweiligen Verzweigungspunkten. Hier wird thematisiert, dass die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans keineswegs unsere direkten Vorfahren sind, sondern dass alle Menschenaffen auf letzte *gemeinsame Vorfahren* zurückgehen. Die Grundschulkinder erforschen, wie die jeweiligen Menschenaffen miteinander verwandt sind und lernen, den Stammbaum der Menschenaffen-Familie zu lesen.

Station: Erforsche die heutigen Menschenaffen

An dieser Lernstation beschäftigt sich die Grundschulkinder mit den gemeinsamen und unterschiedlichen Merkmalen, Lebensräumen und Eigenarten der Menschenaffen. Jedes Kind der Lerngruppe sucht sich dabei ein Menschenaffen-Faltbuch aus und holt sich über einen der Menschenaffen Fachinformationen ein. Ihre Rechercheergebnisse halten die Kinder in einer Tabelle fest. Anschließend tauschen sie sich in der Gruppe aus und *vergleichen* gemeinsam die zusammengetragenen Merkmale und Fortbewegungsweisen der Menschenaffen (z.B. Wer ist an das Leben in den Bäumen angepasst? Wer geht aufrecht? Wer bewegt sich am Boden im Knöchelgang fort? Wer hat kurze und wer hat lange Arme? Welche Merkmale haben Menschenaffen gemeinsam?).

Pufferstation und Kontrollstation

Die Pufferstation dient der fachlichen Entspannung. Hier malen die Grundschulkinder verschiedene Menschenaffen-Bilder aus, wenn sie auftretende Wartezeiten überbrücken müssen. An der Kontrollstation überprüfen die Grundschulkinder ihre dokumentierten Lern- und Arbeitsergebnisse.

Besprechung im Plenum

Am Ende der Stationenarbeit erfolgt im Plenum ein abschließendes Klassengespräch mit allen Lerngruppen. Dabei werden Schwierigkeiten beim Lernen reflektiert und Lernergebnisse gesichert.

Das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“

In der Abschlussstunde der Unterrichtseinheit zur Menschenaffen-Familie wird das Such- und Sammelspiel „*Mach dich zum Affen*“ in Vierergruppen gespielt (Anhang II, C). Das Spiel ist mit einem Memoryspiel vergleichbar, wurde allerdings mit einigen Besonderheiten erweitert. Eine Besonderheit des Spiels ist, dass nicht wie im klassischen Memoryspiel zwei identische Motive ein Paar bilden. Die Schimpansen, Menschen, Gorillas und Orang-Utans kommen jeweils achtmal vor (insgesamt 32 Spielkarten), wobei auf jeder Bildkarte ein *Individuum*, ein individuelles Menschenaffengesicht, abgebildet ist (nach Mollison 2004). Die Vertreter der jeweiligen Gruppen sehen also nicht identisch aus. Ein „Menschen-Paar“, „Schimpansen-Paar“, „Gorilla-Paar“ oder „Orang-Utan-Paar“ kann daher in unterschiedlichen Motiv-Kombinationen gefunden werden. Das soll das Variationsverständnis der Kinder fördern. Ein weiteres Element des Spiels sind die *Stammbaum-Karten*, die jedes Kind direkt vor sich liegen hat. Die Menschenaffen-Paare müssen richtig benannt und in dem Evolutionsstammbaum der Menschenaffen-Familie eingeordnet werden. Erst dann darf das Pärchen auch behalten werden. Darüber hinaus gibt es *Aktionskarten*, die zu den Menschenaffen gezogen werden. Die Aktionskarten sind kommunikations- und bewegungsanregend: Die Kinder beantworten Fragen zu den Menschenaffen und machen diese nach (z.B. den Knöchelgang der Gorillas oder trommeln sich auf die Brust), was dem Bewegungsbedürfnis vieler Kinder entgegenkommt. Die Lehrkraft beaufsichtigt die Spielgruppe, achtet auf das Einhalten der Spielregeln, setzt situationsbezogene Gesprächsimpulse und gibt Rückmeldungen. Mit dem Übungsspiel „*Mach dich zum Affen*“ sollen die an den Stationen vermittelten Lerninhalte auf spielerische Weise vernetzt und verfestigt werden (Anhang II, C).

Berücksichtigte Bildungsstandards und Inhaltsfelder des Sachunterrichts

Im Mittelpunkt der Unterrichtseinheit steht das naturwissenschaftliche und historische Lernen (GDSU 2013, Giest 2017). Der Unterricht zielt durch die Auseinandersetzung mit der Humanevolution auf das Zeit-, Wandel-, Realitäts- und Identitätsbewusstsein der Kinder. Bei der Konzeption der Unterrichtseinheit wird das Basiskonzept „Leben ist Veränderung“ aus dem hessischen Kerncurriculum des Sachunterrichts berücksichtig (Hessisches Kultusministerium 2011f). Die Unterrichtseinheit berücksichtigt außerdem die im hessischen Kerncurriculum beschriebenen *Kompetenzbereiche* Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Innerhalb der *überfachlichen Kompetenzen* wird schwerpunktmäßig die Kommunikationskompetenz sowie die Kooperation und Teamfähigkeit der Kinder gefördert. Die Unterrichtseinheit berührt alle Inhaltsfelder des Sachunterrichts und bietet zudem *fächerübergreifende Vernetzungsmöglichkeiten* (Hessisches Kultusministerium 2011f).

Inhaltsfelder

Natur

- *Die Lernenden beschreiben den gemeinsamen Ursprung und Entwicklungsvorgänge der Menschenaffen*
- *Sie verstehen evolutionsbiologische Grundprinzipien (das Unterschiedlich-Sein in einer Population, das Unterschiedlich-Werden im Laufe langer Zeiträume, das Verwandt-Sein der Lebewesen) und wenden sie am Beispiel der Menschenaffen an*

Raum

- *Die Lernenden beschreiben die Lebensräume der Menschenaffen*
- *Sie erfahren, wie die Menschenaffen kontinental verbreitet sind*

Technik

- *Die Lernenden erfahren über die Intelligenz der Menschenaffen und deren Techniken (z.B. Steinwerkzeuge, technisch-kulturelle Errungenschaften der Menschen)*

Geschichte und Zeit

- *Lernende erkennen evolutionäre Entwicklungsvorgänge durch das Vergleichen früherer und heutiger Menschenaffen*
- *Sie können die langen Zeiträume der Menschwerdung nennen und Menschenaffen zeitlich ordnen*
- *Sie können die Verwandtschaftsbeziehungen der Menschenaffen anhand eines evolutionären Stammbaums nachvollziehen*

Gesellschaft und Politik

- *Die Lernenden beschreiben die Vielfalt der Menschen, wobei Menschen nicht aufgrund bestimmter Merkmale als „geringerwertig“ oder „höherwertig“ gewertet werden. Die Lernenden entwickeln ein Diversitäts- und Zusammengehörigkeitsbewusstsein und lehnen jegliche Diskriminierung ab (Menschenrechte)*

Inhaltsbezogene Kompetenzen

Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden mehrere inhaltsbezogene Kompetenzen erwartet. Lernende können:

- *Informationen über die Menschenaffen aus Text-, Bild- und Filmquellen sammeln, einordnen und auswerten*
- *die Gesichter von Menschenaffen genau betrachten und Vermutungen zu ihrer Zuordnung anstellen*
- *Merkmale und Lebensräume der Menschenaffen miteinander vergleichen*
- *Mithilfe einer Anleitung den Stammbaum der Menschenaffen nutzen*
- *Vermutungen und Erkenntnisse über die Menschenaffen verbalisieren*
- *Unterschiede der Menschenaffen beschreiben und tabellarisch darstellen*
- *in Auswertungsgesprächen und dem abschließenden Lernspiel „Mach dich zum Affen“ einen Beitrag leisten (Aktionen)*
- *die Menschenaffen in einen Stammbaum einordnen und verwandtschaftlich in Bezug zueinander setzen (Stammbäume lesen können)*

Fachübergreifende Aspekte

Inhaltliche Verknüpfungsmöglichkeiten gibt es zum Unterrichtfach Mathematik (*Größen und Messen*: Umgang mit Größen in Sachsituationen/ Zeit-, Größen- und Gewichtsangaben), dem evangelischen Religionsunterricht (*Mensch und Welt*: Menschen als von Gott geschaffen), dem katholischen Religionsunterricht (*Bibel und Tradition*: Schöpfungserzählungen. *Mensch und Welt*: Einmaligkeit des Menschen & Rolle des Menschen in der Schöpfung), dem jüdischen Religionsunterricht (Fragen zu der Schöpfung und dem menschlichen Dasein stellen) und dem islamischen Religionsunterricht (*Mensch und Identität*: Menschen als ein von Gott geschaffenes Wesen). Die genannten Verknüpfungsmöglichkeiten beziehen sich jeweils auf die hessischen Kerncurricula der Fächer (Hessisches Kultusministerium 2011a-e). Im Rahmenplan für das Unterrichtsfach „freireligiöse Religion“ wird im Zusammenhang der Leitfrage „*Was ist der Mensch?*“ sogar explizit die *Evolution* angesprochen: „Schöpfung’ oder natürliche Entwicklung (Evolution)?“ (Hessisches Kultusministerium 2011g, S. 14f).

Legitimation der Unterrichtseinheit

Die Legitimation des Lernangebots ergibt sich aus der großen Bedeutung der Humanevolution für unser Selbst- und Weltverständnis. Das Thema berührt die grundlegendsten Fragen des Menschseins überhaupt: „woher wir kommen“ und „was wir sind“. Daneben ist besonders die hohe *Exemplarität* und *Anschlussfähigkeit* des Inhalts hervorzuheben. Am Beispiel der Menschenaffen-Familie lassen sich allgemeine Schlüsselprinzipien erschließen, die für das Verständnis der gesamten Biologie von zentraler Bedeutung sind (Variation, Veränderlichkeit, Verwandtschaft und die Angepasstheit der Lebewesen). Die am Beispiel der Menschenaffen vermittelten Grundzusammenhänge legen die Wissensstrukturen für das kumulative, vernetzte Lernen zum Leitthema der gesamten Biologie (Evolution).

Wie die Ergebnisse der explorativen Interviewstudie des ersten Forschungsteils zeigen, weist die Humanevolution zudem eine hohe *Schülerrelevanz* auf, wobei aufgrund der Humanzentriertheit an den Alltagsvorstellungen der Kinder angeknüpft werden kann. Das Thema Humanevolution bietet darüber hinaus zahlreiche Berührungspunkte zu anderen Fächern (u.a. Religionsunterricht), außerschulischen Lernorten (u.a. Zoos, naturgeschichtliche Museen) sowie zahlreichen Medien (u.a. Kinderbücher, Filme zur Steinzeit). Überdies sind fachlich angemessene Vorstellungen zur Evolution des Menschen grundlegend für den Dialog zwischen den Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften, insbesondere den Disziplinen Philosophie und Theologie (*Interdisziplinarität*). Fehlvorstellungen zur Humanevolution prägen unterschiedlichste gesellschaftliche Strömungen und Weltsichten der Vergangenheit und Gegenwart (u.a. den Sozialdarwinismus, Kreationismus). Daraus ergibt sich eine hohe *Gesellschafts- und Bildungsrelevanz* für eine fachlich angemessene und verantwortungsvolle Vermittlung im Primarbereich.

7.2.2 Ergebnisse der Prä-und Posttests

Die Ergebnisse des Prä-Posttests zeigen übersichtsartig den Lernfortschritt und die Lernhindernisse der untersuchten Grundschulkinder. Aus fachlicher Perspektive wurde die Verwendung von grundlegenden Begriffen und die geäußerten Vorstellungen zu den in der Unterrichtseinheit vermittelten evolutionsbiologischen Konzepten und Prinzipien (evolutionäre Veränderlichkeit, Verwandtschaft, Stammbaumdenken und -lesen, innerartliche Variation) aus fachlicher Perspektive bewertet.

Erkennung und Benennung der Menschenaffen

Wie Tabelle 28 zeigt, kannten die meisten Grundschulkinder die Gorillas bereits vor der Unterrichtseinheit. Schwierigkeiten traten vor dem Unterricht hingegen beim Erkennen und Benennen der Schimpansen und Orang-Utans auf. Vor dem Unterricht erkannten und benannten lediglich drei Grundschulkinder den Orang-Utan richtig. Durch den Unterricht konnten die Lernenden ihre Artenkenntnis dann deutlich erweitern. Bis auf Mia erkannten und benannten alle Grundschulkinder nach dem Evolutionsunterricht alle Menschenaffen fachlich richtig (Tabelle 28).

Tabelle 28: Benennung der Menschenaffen vor und nach der Unterrichtseinheit. Die abgebildeten Menschenaffen (Bildkarte) wurden im Prä- und Posttest richtig (grün), falsch (rot) oder nicht erkannt/benannt (orang). Nach dem Evolutionsunterricht ist eine deutlich höhere Artenkenntnis vorhanden.

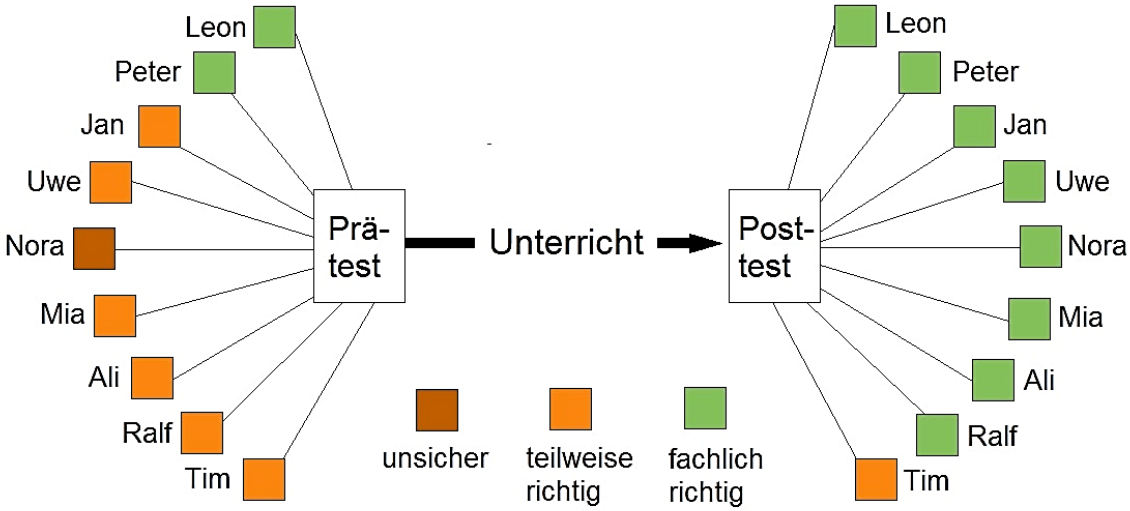
	Tim	Peter	Jan	Uwe	Ralf	Mia	Ali	Nora	Leon	Test
Gorilla										**Prä**
Schimpanse										
Orang-Utan										
Gorilla										**Post**
Schimpanse										
Orang-Utan										

Begriffsverwendung – Affen und Menschenaffen

Der Fachbegriff „Menschenaffe“ wurde vor der Unterrichtseinheit lediglich von zwei Grundschulkindern (Leon, Peter) wissenschaftlich korrekt in Bezug auf die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans verwendet (Tabelle 29). Die Mehrheit der Grundschulkinder (n=7) benutzte lediglich den wissenschaftlich *unschärferen* Affen-Begriff (Tabelle 29). Die Grundschülerin Nora war sich zudem unsicher, ob Orang-Utans überhaupt „Affen“ sind. *Nach* der Unterrichtseinheit benutzten nahezu alle Grundschulkinder auch den Menschenaffen-Begriff (Tabelle 29). Im Unterricht kam es also zu einer begrifflichen

Ausschärfung. Nur Tim bezeichnete die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans nach dem Unterricht ausschließlich als „Affen“ und noch nicht als „Menschenaffen“ (Tabelle 29). Keins der Grundschulkinder, weder im Prä-Interview noch im Post-Interview, benannte die Menschenaffen *falsch*, weshalb die Bewertungskategorie „fachlich falsch“ (Fehlvorstellung) hier nicht erscheint (Tabelle 29).

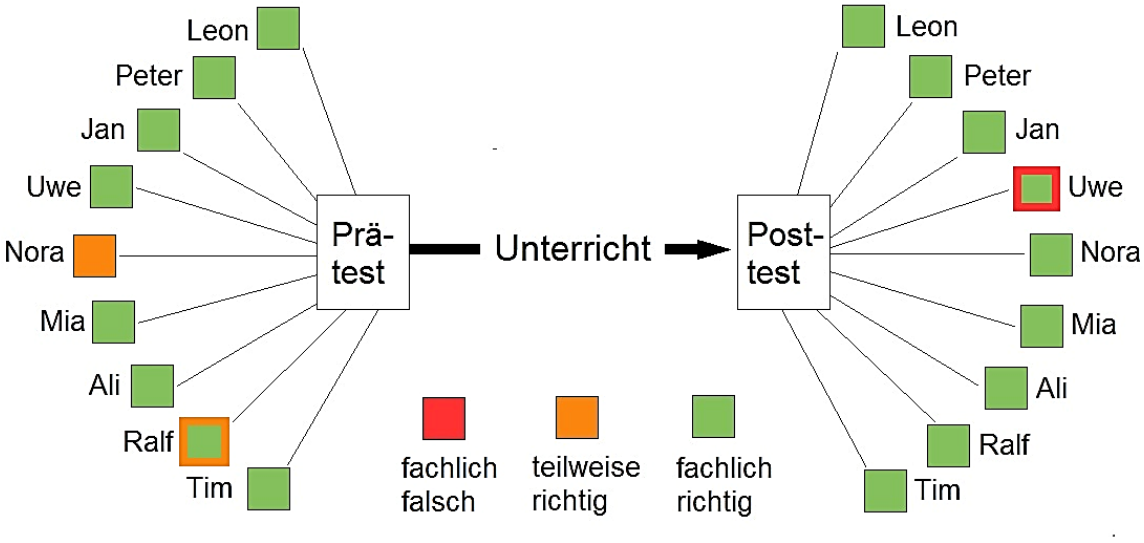
Tabelle 29: Begriffslernen – vom „Affen“-Begriff zum „Menschenaffen“-Begriff. Die Darstellung zeigt die Lernenden, die im Prä- und Posttest die Begriffe „Affen“ (als „teilweise richtig“ bewertet) und „Menschenaffen“ (als „fachlich richtig“ bewertet) verwendeten. Die Grundschülerin Nora verwendete im Prätest zwar den Begriff „Affe“, war sich aber sehr unsicher, ob die Orang-Utans „Affen“ sind (als „unsicher/nicht klassifizierbar“ bewertet).



Herkunft und Entstehung der Menschen

Innerhalb dieser Kategorie geht es um die grundlegende Frage nach dem Ursprung der Menschen. Aspekte, die mit der genauen Verwandtschaft der Menschenaffen und dem Stammbaumdenken verbunden sind, bleiben an dieser Stelle ausgeklammert (siehe folgende Auswertungskategorien). Die Mehrheit der interviewten Grundschulkinder äußerte auf die Frage nach der Entstehung der Menschen, sowohl *vor* als auch *nach* der Unterrichtseinheit, die fachlich richtige Vorstellung der Affenherkunft des Menschen (Tabelle 30). Zum Beispiel äußerte Mia vor der Unterrichtseinheit, dass sich die Menschen „*aus den Affen gebildet*“ haben (L2, Abs. 55, Prä). Mia konnte im Unterricht an dieses Präkonzept anknüpfen und äußerte sich im Post-Interview wie folgt: „*Also sie [die Menschen] haben sich ja aus den Affen entwickelt und das immer Schritt für Schritt, halt weniger Fell, also, dass die Fell verloren haben [...] und der Körper hat sich entwickelt und die Schnauze ist immer platter und platter geworden*“ (L2, Abs. 107, Post).

Tabelle 30: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur Herkunft und Entstehung der Menschen. Grundschülerinnen und Grundschüler, die im Prä- und Posttest zur Herkunft und Entstehung der Menschen „fachlich richtige“ (Affenabstammung) und „teilweise richtige“ Vorstellungen (z.B. Mischvorstellungen: Affenabstammung + kreationistische Vorstellung) äußern. Einige Kinder äußern im Laufe der jeweiligen Interviews (getrennt voneinander) unterschiedlich bewertete Vorstellungen zur Entstehung der Menschen (z.B. an einer Stelle „fachlich richtige“ und einer anderen Stelle „fachlich falsche“ bzw. „teilweise richtige“ Vorstellungen). Diese Mehrfachcodierungen zeigt der farbige Rahmen an.



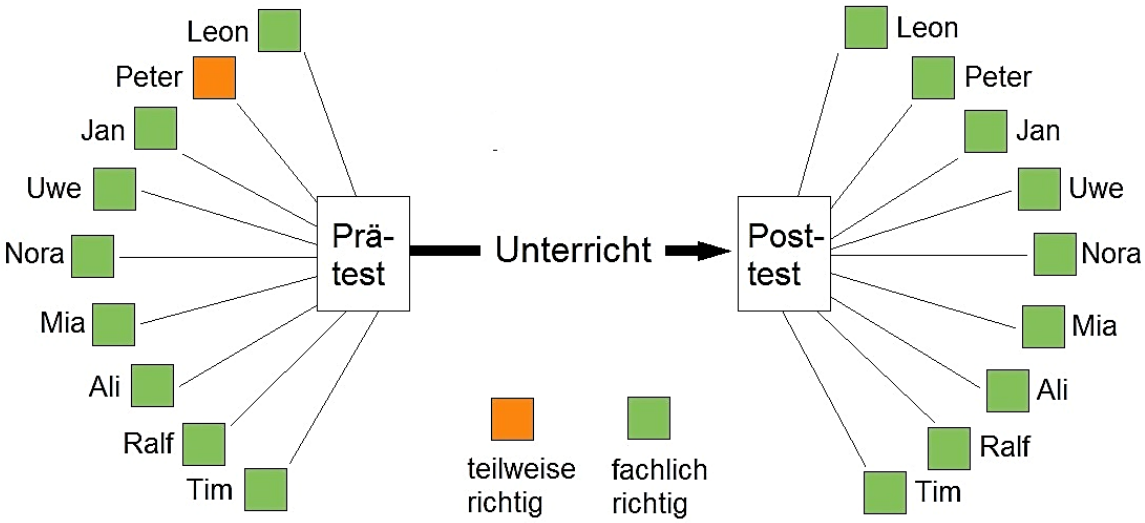
Vor der Unterrichtseinheit äußerten zwei Grundschulkinder (Nora und Ralf) teilweise richtige Vorstellungen. Nora äußerte eine Hybridvorstellung (Affenabstammung + kreationistische Vorstellung). Ralf aktivierte in Verbindung mit der Herkunft der Menschen einerseits religiöse Vorstellungen (Jesus in Jerusalem und der Wüste), andererseits aber auch die Vorstellung von affenähnlichen Steinzeitmenschen und der Affenabstammung (L3, Abs. 130-169; 188-191, Prä). Bei beiden ist eine Vorstellungsentwicklung hin zu einer fachlich richtigen Vorstellung feststellbar (Tabelle 30). Uwe erwähnte im Post-Interview neben der Affenabstammung, die Fehlvorstellung die Menschen sein direkt durch den Urknall entstanden (siehe auch die Einzelfallanalysen von Nora und Uwe).

Evolutionäre Veränderlichkeit

Nahezu alle Grundschulkinder der Untersuchung nannten *vor* und *nach* der Unterrichtseinheit sowohl biologische als auch kulturelle Veränderungen in Bezug auf die Humanevolution (Tabelle 31). In Bezug auf die biologischen Veränderungen gehen *alle* untersuchten Grundschulkinder davon aus, dass es im Laufe der Evolution des Menschen

zur Reduktion der Körperbehaarung (Fell) gekommen ist.

Tabelle 31: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur evolutionären Veränderlichkeit. Grundschülerinnen und Grundschüler, die über die Vorstellung des Unterschiedlich-Werdens der Menschen im Laufe der Zeit (von den Urmenschen bis zu den Jetztmenschen) verfügen. Nahezu alle Grundschulkinder äußern in den Prä- und Posttests biologische und kulturelle Veränderungen. Lediglich ein Grundschulkind (Peter) äußert eine als fachlich „teilweise richtig" bewertete Vorstellung, indem er zwar evolutionäre Veränderungen nennt (Fellverlust, Größerwerden), aber sonst von einer *Konstanz* der Menschen ausgeht.



Insgesamt betrachtet, verfügt nur ein Grundschulkind über ein teilweise richtiges Präkonzept (Tabelle 31). So erwähnte Peter im Prä-Interview, dass – abgesehen von einer Größenzunahme und dem Verlust der starken Behaarung – „*alles*" gleichgeblieben sei. Die Vorstellung wird als „teilweise richtig" bewertet, da Peter von einigen Veränderungen ausgeht, aber andere entwicklungsgeschichtliche Veränderungen kategorisch ausschließt: „*Die ersten Menschen, die waren sehr klein, die ersten Menschen. [...] Die sind größer geworden. [...] Ja, aus dem, also, die Menschen, manche, also die hatten noch so Haare wie am Affen, doch sonst war da alles gleich wie Menschen, sonst so. Sonst war also alles gleich*" (S3, Abs. 82, 86, 92, Prä). Nach der Unterrichtseinheit behauptet Peter nicht mehr, dass „sonst alles gleich" geblieben sei. Im Post-Interview verfügt Peter über eine differenziertere Vorstellung. Er nennt weitere körperliche Veränderungen: „*Die ersten Menschen, die entstanden aus den Affen. Zuerst waren sie wie Affen und dann verschwand nach und nach das Fell und die Menschen wurden auch größer und ihr Gesicht veränderte sich auch. [...] Und die ersten Menschen, die, die waren fast gleich wie die Affen. [...] Man vermutet, dass die ersten Menschen aus*

Afrika kommen [...] In den Steppen, glaube ich. [...] manche Menschen, die ersten Menschen hatten ja noch ein bisschen Fell. Jetzt haben die anderen Menschen kein Fell mehr und die Nase wurde auch anders" (S3, Abs. 67-77, Post). Nach der Unterrichtseinheit beschreibt Peter die Evolution des Menschen auch in längeren Zeiträumen: „*Also im Laufe von Millionen Jahren"* (S3, Abs. 83, Post).

Allgemein lässt sich feststellen, dass die untersuchten Grundschulkinder *vor* und *nach* der Unterrichtseinheit vielfältige evolutionäre Veränderungen äußerten. Neben dem Verlust des Fells und verschiedenen kulturellen Veränderungen (u.a. Kleidung, Werkzeug/Waffen, Wissensentwicklung, Evolution der menschlichen Sprache) sprachen die Kinder den aufrechten Gang an und nannten Veränderung der Extremitäten (Armlänge), der Kopf- und Gesichtsform sowie der Haut- und Haarfarbe. Die folgenden Äußerungen von Mia nach dem Evolutionsunterricht stehen exemplarisch für die Vorstellungen der untersuchten Grundschulkinder zum Unterschiedlich-Werden der Menschen:

> „Sie [die ersten Menschen] waren ziemlich haarig. Sie hatten noch ganz schön viel Fell. Sie waren braun, so bräunlich, hatten noch keine Anziehsachen so wie wir es jetzt haben und sie hatten, waren alle verschieden und hatten alle ein anderes Gesicht, also irgendwie weiter vorgeschoben und so noch Affenschnauzen. [...] Doch die haben sich verändert. Sie, das Gesicht hat sich mehr in-bildet, also, dass das Gesicht jetzt nicht mehr so Affen, so ein Affengesicht und (...) sie haben kein Fell mehr, also wir haben viel weniger Haare auf dem ganzen Körper und [...] und wir haben eine Sprache entwickelt (...) und laufen aufrechter, ja. [...] Die Schnauze, die ist jetzt nicht mehr so kugelförmig, sondern ist jetzt glatt sozusagen [...] Wir haben andere Nasen. Die sind nicht mehr platt, sondern sie stehen aufrecht" (L2, Abs. 74-99, Post).

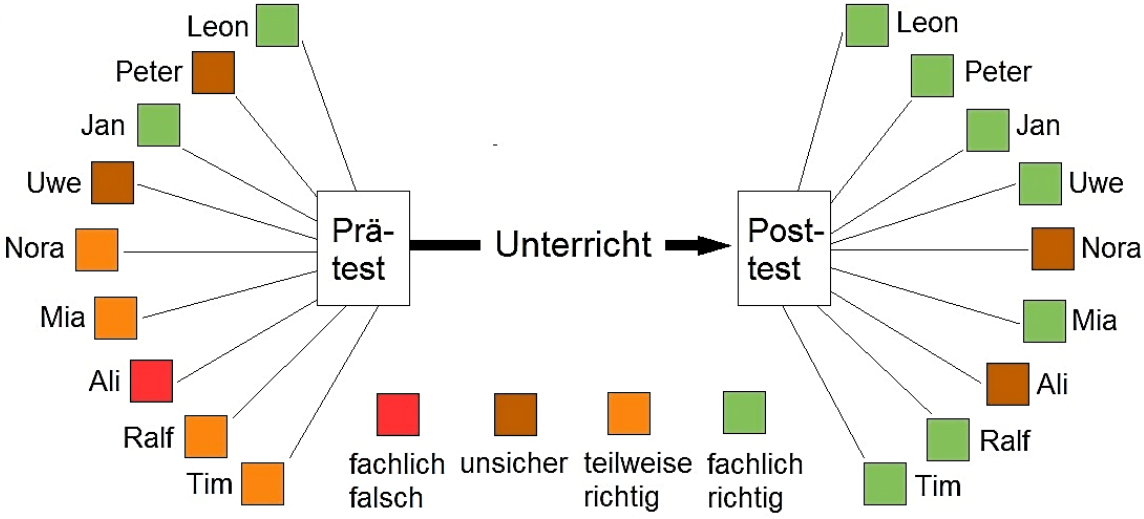
Ein essentialistisches Denken oder gar die Vorstellung einer vollständigen Unveränderlichkeit der Menschen (Konstanz der Menschenaffen) ist bei keinem der untersuchten Grundschulkinder – weder *vor* noch *nach* der Unterrichtseinheit – identifizierbar.

Evolutionäre Verwandtschaft der Menschenaffen

Diese Kategorie beinhaltet die aus Fachperspektive bewerteten Grundschulkindervorstellungen zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen. Vor dem Unterricht haben nur zwei Grundschulkinder der Untersuchung fachlich richtige Vorstellungen zur Verwandtschaft der Menschenaffen (Tabelle 32). Nach dem Evolutionsunterricht äußerte dagegen der überwiegende Anteil der Grundschulkinder fachlich richtige Vorstellungen

(Tabelle 32). Jan hob *nach* dem Unterricht in Bezug auf die evolutionäre Verwandtschaft der Menschenaffen beispielsweise hervor: „*Weil die zu einer Gruppe Menschenaffen gehören und eben dank, weil wir alle zu dritt vor ganz ganz ganz ganz ganz ganz ganz ganz langer Zeit auch den selben Vorfahren hatten"* (L1, Abs. 89, Post).

Tabelle 32: Bewertete Prä- und Postkonzepte zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen. Grundschülerinnen und Grundschüler, die sich im Prä- und Posttest zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen „fachlich richtig" (alle Menschenaffen sind miteinander verwandt), „teilweise richtig" (einige Menschenaffen sind miteinander verwandt), „fachlich falsch" (Verneinung der evolutionären Verwandtschaft) oder „schwankend/unsicher" äußern.



Der Schüler Ali verneinte vor dem Unterricht die Verwandtschaft zwischen den abgebildeten Menschenaffen (Schimpanse, Gorilla, Orang-Utan) und verwies dabei auf das unterschiedliche Aussehen der Menschenaffen (S4, Abs. 200- 205, Prä). Die Äußerung wird als Fehlvorstellung bewertet (Tabelle 32). Nach dem Unterricht äußerte Ali dann, dass die Menschenaffen miteinander verwandt seien (S4, Abs. 198-199, 226- 229, Post), ist sich allerdings nicht sicher (z.B. „*ich weiß es nicht so genau*"; S.4, Abs. 203, Post).

Vor der Unterrichtseinheit haben viele der befragten Kinder teilweise richtige Vorstellungen (Tabelle 32). So betrachteten mehrere Kinder (vorunterrichtlich) nur einige Menschenaffen als verwandt miteinander, allerdings nicht alle Menschenaffen. Tim äußerte beispielsweise vor dem Unterricht, dass die Schimpansen und Orang-Utans zwar miteinander verwandt seien, aber nicht die Schimpansen und Gorillas (G1, Abs. 82, Prä). Und Ralf verneinte die Verwandtschaft zwischen den nicht-menschlichen Menschenaffen, weil die „*ganz andere Gesichter*" haben (L3, Abs. 224, Prä), äußerte aber die

Vorstellung, dass die Menschen mit den Schimpansen (nicht mit den Gorillas) verwandt sind (L3, Abs. 231-240, Prä). Nach dem Unterricht verfügte Ralf und Tim dann über die fachlich richtige Vorstellung der evolutionären Verwandtschaft aller Menschenaffen (Tabelle 32). Mia konnte sich vor der Unterrichtseinheit nicht vorstellen, dass auch sie persönlich mit den Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans verwandt ist, weil die Affen ihr angeblich „*nicht so richtig ähneln*" (L2, Abs. 111, Prä). Nach der Unterrichtseinheit verfügte Mia dann über die fachlich richtige Vorstellung, dass auch sie persönlich und alle anderen Kinder aus ihrer Klasse (und letztlich alle Menschen) mit den anderen Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans verwandtschaftlich verbunden sind (L2, Abs. 116-145, Post).

Stammbaumdenken und -lesen

Das Stammbaumdenken und -lesen stellt im Vergleich zum Konzept der evolutionären Veränderungen im Laufe der Zeit und der Affenabstammung als solches eine größere Lernherausforderung für die untersuchten Grundschulkinder dar. Vor dem Evolutionsunterricht ist bei allen Kindern kein Stammbaumdenken in Bezug auf die Evolution der Menschenaffen feststellbar. *Wie* die heutigen Menschenaffen also miteinander verwandt sind, in welchen Verwandtschaftsverhältnissen sie zueinanderstehen, konnten die Kinder nur sehr unzureichend bzw. nicht beantworten (nicht klassifizierbar: „*Da habe ich keine Ahnung*", L1, Abs. 124-125).

Vor der Unterrichtseinheit verfügten viele der untersuchten Grundschulkinder über die Fehlvorstellung einer geradlinigen zielgerichteten Evolution, wobei die heutigen Menschenaffen (Gorillas, Schimpansen) als Vorfahren der Menschen angesehen wurden. Folgende Schüleraussagen von Ralf, Leon und Jan verdeutlichen das vorherrschende Präkonzept der Abstammung von rezenten Menschenaffen:

> Aus dem Prä-Interview mit Ralf
>
> „Also glaub ich, weil, es gibt ja auch viele Reportagen, wo die zeigen, Affe, noch mehr Affe, also Gorilla, also es fängt ja von ganz klein an Affe und dann so immer weiter, weiter, weiter Gorilla und dann wird es so ein bisschen zum Mensch [...] Ein Gorilla hat jetzt ein Sohn bekommen und dann wurde, sah der halt ein bisschen anders aus, dann halt immer mehr mehr mehr und dann sah der am Ende so aus wie ein Mensch halt, hatte halt sehr sehr viele Haare, aber auch so ein Gesicht wie ein Mensch ein bisschen und dann ging es halt immer mehr mehr und dann kam am Ende so ein Mensch raus" (L3, Abs. 191-195, Prä).

Aus dem Prä-Interview mit Jan

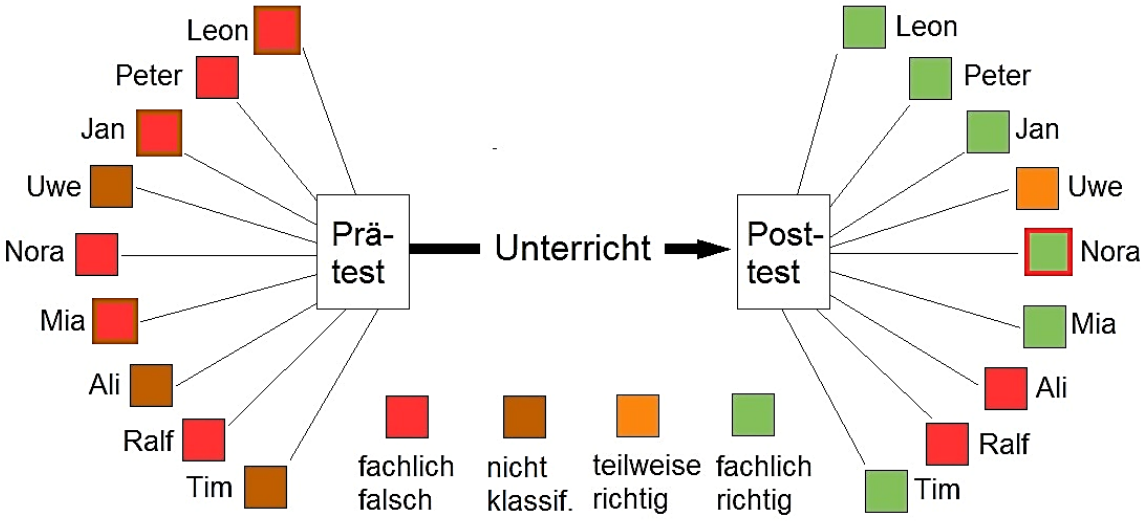
„Ja alle Affen sind verwandt, weil ja jetzt, nehmen wir mal so an, das war der erste Affe (zeigt auf den Gorilla) und dann ist er in eine andere Region gegangen, wurde zu dem (zeigt auf den Orang-Utan) und dann wurde er (zeigt auf den Orang-Utan) zu dem (zeigt auf den Schimpansen). [...] Mm, ich glaube die eben die (...) Affen haben sind wiederum woanders hingegangen, wo keine Bäume – kein Wald – war, und eben dann sich da dran angepasst haben“ (L1, Abs. 121-123, Prä).

Aus dem Prä-Interview mit Leon

„Ich glaube, dass die Affen, zumindest, dass die Gorilla, Schimpanse und Menschenaffen halt die Vorfahren von den Menschen sind, dass wir halt alle irgendwie, dass halt irgendjemand von meiner Familie mal ein Affe war“ (G2, Abs. 89, Prä).

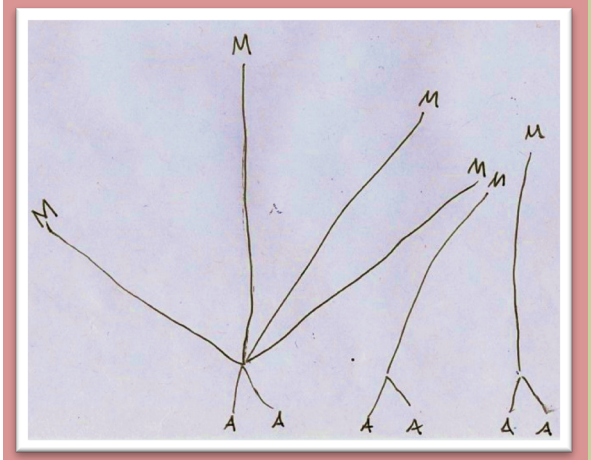
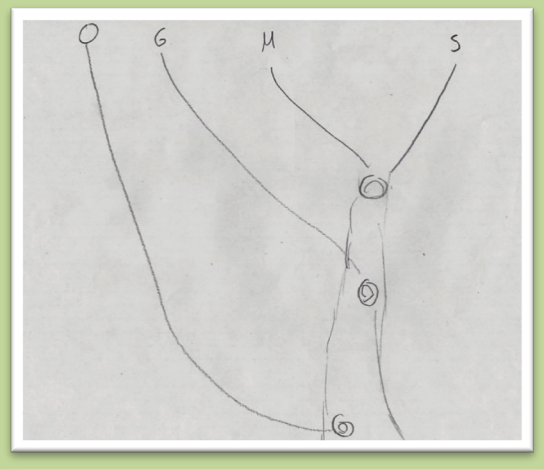
Während *vor* dem Evolutionsunterricht bei keinem untersuchten Grundschulkind ein Stammbaumdenken in Bezug auf die Evolution der Menschenaffen festzustellen ist, ist bei mehr als der Hälfte der untersuchten Grundschulkinder *nach* der Unterrichtseinheit ein Stammbaumdenken diagnostizierbar. Auch wurde eine ausgeprägte Lesefähigkeit vom evolutionären Stammbaum der Menschenaffen-Familie festgestellt (Tabelle 33).

Tabelle 33: Stammbaumdenken und -lesen vor und nach dem Evolutionsunterricht. Im Prätest äußern die Grundschulkinder keine Vorstellung zum evolutionären Stammbaum der Menschenaffen-Familie (nicht klassifizierbar) und/oder fachlich fehlerhafte Präkonzepte (direkte Abstammung von rezenten Menschenaffen). Nach dem Unterricht verfügen mehrere Kinder über ein Stammbaumdenken und über gute Stammbaumlesefähigkeiten. Einige Kinder (Uwe, Ali, Ralf) haben nach dem Evolutionsunterricht Schwierigkeiten beim Lesen und Interpretieren des Stammbaums der Menschenaffen-Familie und äußern (teilweise) Fehlvorstellungen. Verschiedene Codierungen in ein und demselben Interview werden durch einen Rahmen angezeigt.



Mehrere Kinder, die mit dem fachlich fehlerhaften Präkonzept der Abstammung von heute lebenden Menschenaffen in den Evolutionsunterricht kamen, zeichneten nach dem Unterricht selbstständig und fachlich richtig den Stammbaum der Menschenaffen-Familie. Die Entwicklung hin zur fachlich intendierten Vorstellung wird besonders an Mias Zeichnungen und Äußerungen *vor* und *nach* dem Evolutionsunterricht deutlich (Tabelle 34).

Tabelle 34: Die Vorstellungsentwicklung von Mia zum Stammbaumdenken

Präkonzept	**Postkonzept**
	
A: Affen; M: Menschen	O: Orang-Utans, G: Gorillas, M: Menschen, S: Schimpansen
Äußerung zur Zeichnung	**Äußerung zur Zeichnung**
„Die Entwicklung von den Menschen [...] Dass die Affen langsam sich zum Menschen entwickelt haben“ (L2, Abs. 133-135, Post).	*„Das sind die Schimpansen, Menschen, Gorillas, Orang-Utan (deutet in der Stammbaum-Zeichnung auf die einzelnen Menschenaffen; von rechts nach links) und die Schimpansen und Menschen hatten als erstes einen gemeinsamen Vorfahren, dann Gorilla, Menschen und Schimpansen hatten dann als erstes einen Vorfahren und dann Orang-Utans, Gorillas und Menschen und Schimpansen hatten dann halt einen [...] Also die hatten am spätesten, hier die vier (zeigt auf alle Menschenaffen) hatten am spätesten einen gemeinsamen Vorfahren. Die (zeigt auf die Schimpansen und Menschen) hatten am frühesten einen“* (L2, Abs. 163-165, Post).

Zwei weitere Kinderzeichnungen aus den Post-Interviews sind exemplarisch in Abbildung 30 dargestellt. Die Verwandtschaftsverhältnisse der Menschenaffen geben die gezeichneten Stammbäume korrekt wieder. Die gezeichneten Stammbäume ähneln den im Unterricht verwendeten Stammbaumdarstellungen (Anhang II, C). Auffällig ist nämlich, dass an den Enden der Äste von „links nach rechts" die Orang-Utans, Gorillas, Menschen und Schimpansen stehen. Die Stammbäume werden aber *nicht* nur ohne Verständnis reproduziert. Mehr als die Hälfte der Grundschulkinder antworteten und begründeten die meisten Fragen zu den evolutionären Verwandtschaftsverhältnissen sowie den gemeinsamen Vorfahren der Menschenaffen anhand von evolutionären Stammbäumen zur Menschenaffen-Familie korrekt, was auf eine gute Stammbaumlesefähigkeit nach dem Evolutionsunterricht schließen lässt (Tabelle 33). Das Leseverständnis von Stammbäumen wurde abschließend zusätzlich mit einer „zweiten" Stammbaumdarstellung (mit der identischen phylogenetischen Aussage) überprüft, bei der die Stammbaumgabeln um die Verzweigungspunkte gedreht wurden (Anhang II, A). Jan kommentierte den gedrehten Stammbaum der Menschenaffen-Familie wie folgt:

> „Das ist nur umgedreht. [...] Ja ist bloß eben anders gezeichnet, ist aber derselbe. Da trifft es sich auch erst hier (zeigt auf den gemeinsamen Vorfahren aller Menschenaffen) und die treffen sich als erstes (zeigt auf den gemeinsamen Menschen-Schimpansen Vorfahren) und hier trifft der sich hiermit (zeigt, dass sich der Orang-Utan am Menschen-Schimpansen-Gorilla-Verzweigungspunkt mit den Schimpansen und Menschen „trifft") (Stammbaum-Karte 2). Hier wurde bloß eben Mensch und Schimpanse in die Mitte und der (zeigt auf den Orang-Utan) nach da, rechts außen, aber ist immer noch derselbe, praktischer Weise (vergleicht Stammbaum-Karte 1 mit Stammbaum-Karte 2)" (L1, Abs. 163, Post).

Jan las die Stammbäume nach dem Unterricht nicht entlang der terminalen Äste von „rechts nach links" bzw. von „links nach rechts", sondern betrachtet richtigerweise die Distanz von den heutigen Menschenaffen zu den letzten gemeinsamen Vorfahren, um die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Menschenaffen zu klären. So ist für Jan selbstverständlich, dass die nächsten Verwandten der Schimpansen die Menschen und nicht die Gorillas oder die Orang-Utans sind. Jan erklärte die enge Verwandtschaftsbeziehung damit, dass der „*Weg*" von den heutigen Menschen zum letzten gemeinsamen Vorfahren von Schimpansen und Menschen kürzer ist als zu den anderen gemeinsamen Vorfahren (L1, Abs. 135, Post). Kinder mit einer als gut diagnostizierten Stammbaumlesefähigkeit hielten sich an die Regel, die im Unterricht behandelt wurde: Je näher zwei Menschenaffen miteinander verwandt sind, desto kürzer ist der Weg zum gemeinsamen Vorfahren.

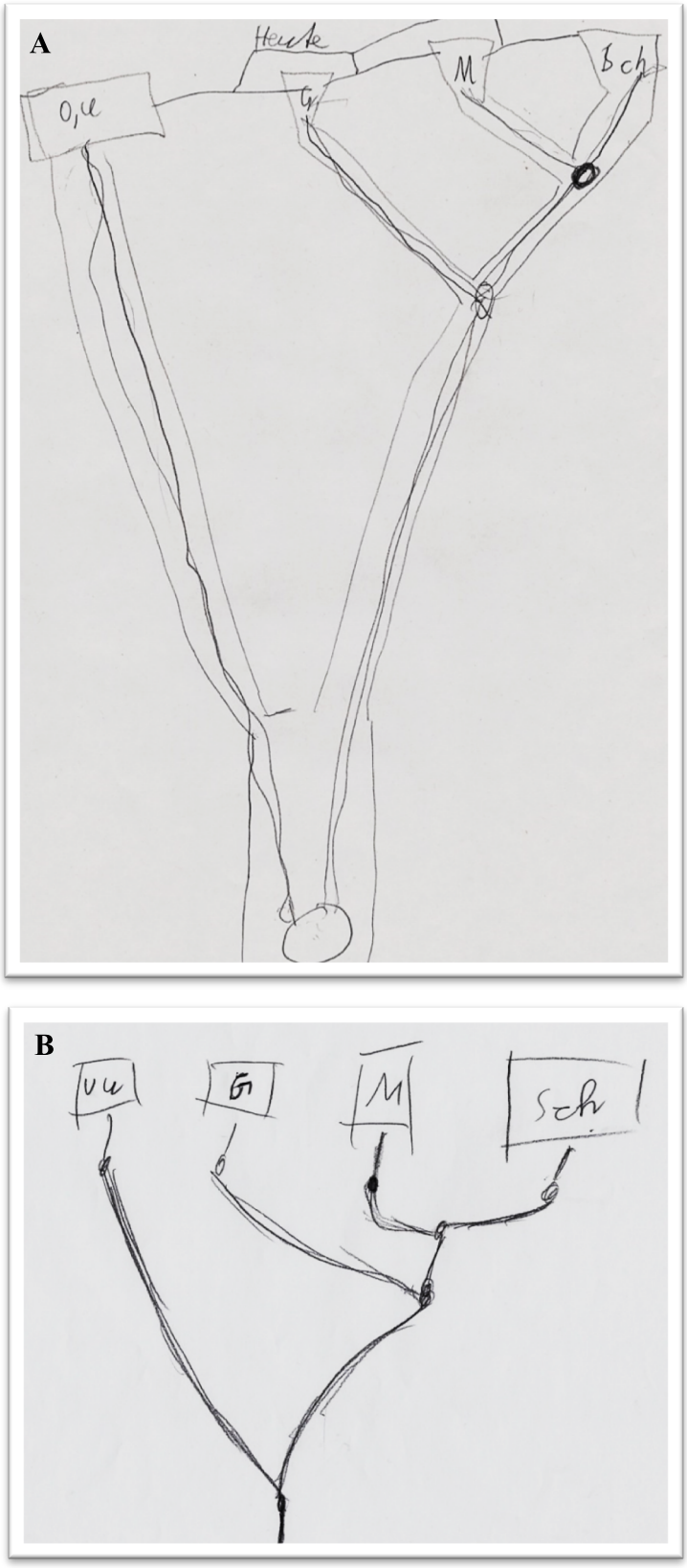
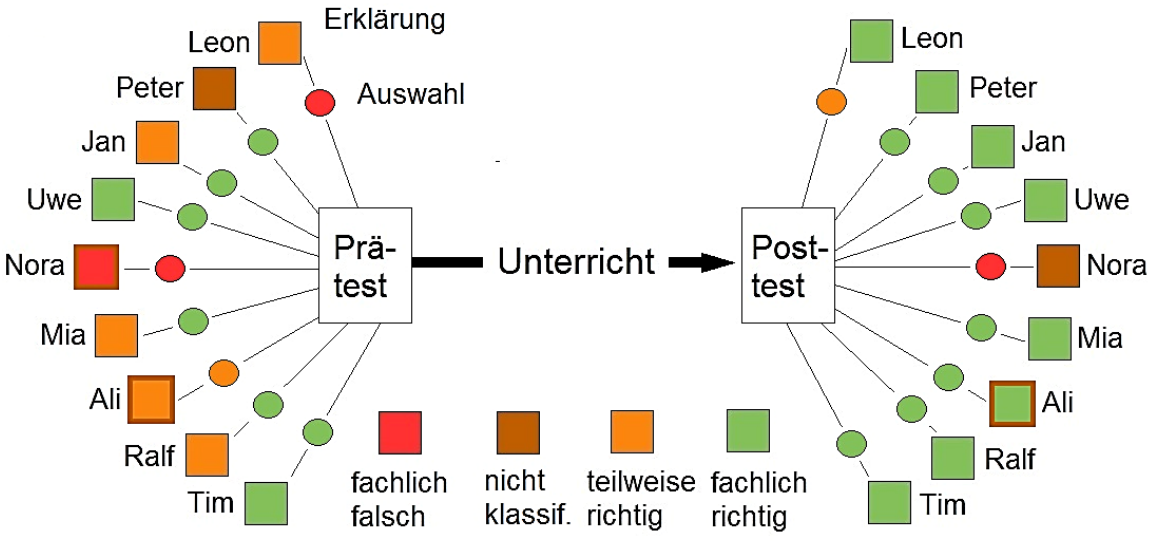


Abbildung 30: Stammbaum-Zeichnungen von Tim und Jan. Jan (A) und Tim (B) zeichnen den Stammbaum der Menschenaffen-Familie im Post-Interview aus ihrem Gedächtnis. Die Stammbaumzeichnungen gleichen den Vorlagen, die im Evolutionsunterricht (Lernspiel, Stammbaumordner) eingesetzt wurden. Sch: Schimpansen; M: Menschen; G: Gorillas; OU: Orang-Utans.

Variationsdenken am Beispiel der Schimpansen

Die Auswertung der Bildkartenauswahl der Schimpansen zeigt, dass die Mehrheit der Grundschulkinder sowohl *vor* als auch *nach* der Unterrichtseinheit eine variative Bildkartenauswahl traf (Tabelle 35). Die dichotome (zwei unterschiedlich und zwei gleichaussehende Schimpansen) und typologische Auswahl (überwiegend gleichaussehende Schimpansen) war hingegen seltener (Tabelle 35). Lediglich Nora und Leon wählten vor der Unterrichtseinheit vier gleich aussehende Schimpansen aus (typologische Auswahl). Nach dem Evolutionsunterricht war die *typologische* Auswahl der Schimpansen-Bildkarten nur noch bei Nora feststellbar (Tabelle 35).

Tabelle 35: Variationsdenken vor und nach dem Evolutionsunterricht. Die jeweiligen Kreise zeigen, ob die Schimpansen-Bildkarten variativ (fachlich richtig), typologisch (fachlich falsch) oder dichotom (teilweise richtig) ausgewählt wurden. Die Rechtecke zeigen die als „fachlich richtig", „fachlich falsch", „teilweise richtig" bzw. „nicht klassifizierbar" bewerteten Erklärungen der Kinder zur Bildkartenauswahl an. Verschiedene Codierungen in ein und demselben Interview werden durch einen Rahmen angezeigt.



Die Mehrheit der Grundschulkinder vor und nach der Unterrichtseinheit verfügte über die Vorstellung, dass sich die Schimpansen innerhalb einer Population unterscheiden, was die Kinder nach der Auswahl der Bildkarten auch verbalisierten (Tabelle 35). Zum Beispiel erklärt Tim: „*Weil es zwar Schimpansen sind, aber nicht jeder Schimpanse ist derselbe wie der andere. Vielleicht ist der andere mal heller, der andere mal dunkler, der andere mal so hell-schwarz, braun. [...] Also für mich sehen die meisten sehr unterschiedlich aus. Manche ähneln dem anderen, aber die kann man auch unterscheiden*" (G1, Abs. 61, 67,

Prä). Ralf nahm wie andere Kinder Bezug auf das Unterschiedlich-Sein bei den Menschen und hob hervor: „*Wir sehen ja auch nicht alle gleich aus*“ (L3, Abs. 102, Post). Vor dem Evolutionsunterricht äußerten mehrere Grundschulkinder „fachlich teilweise richtige“ Vorstellungen (Tabelle 35). Beispielsweise koexistierte in Mias Vorstellungswelt die Vorstellung vom Unterschiedlich-Sein der Schimpansen mit der typologischen Fehlvorstellung von „*Rassen, die gleich sind*“ (L2, Abs. 45, Prä). Nach dem Evolutionsunterricht wählte Mia vier verschieden aussehende Schimpansen-Bildkarten aus und äußerte kein typologisches Rassenkonzept mehr. Mia verfügte nach dem Unterricht über die fachlich richtige Vorstellung, dass sich auch die Schimpansen innerhalb ein und derselben Schimpansen-Population unterscheiden: *„Weil sie [Schimpansen] alle verschieden sind [...] ein bisschen unterschiedlich [...] weil alle meiner Fantasie anders aussehen“* (L2, Abs. 53-57, Post).

Einige wenige Kinder zeigten in den Interviews ein sehr schwankendes/zögerndes Antwortverhalten und/oder begründeten die Auswahl der Schimpansen-Bildkarten mit ästhetischen Gründe: „*Ich habe nur einfach die Gesichter genommen, die nicht so gruselig sind*“ (S4, Abs. 103, Prä). Diese Äußerungen werden im Hinblick auf die Frage nach dem Variationsdenken der Kinder als „nicht klassifizierbar“ bewertet (Tabelle 35)

7.2.3 Individuelle Vorstellungsentwicklungsprozesse

Nach der Übersicht über die Vorstellungsentwicklung aller untersuchten Grundschulkinder wird nun genauer auf die individuellen Vorstellungsentwicklungsprozesse fokussiert. Dabei werden zu vier Kindern einer leistungsheterogenen Lerngruppe, bei der die meisten Lernhindernisse festgestellt wurden, vertiefte qualitative Einzelfall-Interventionsanalysen durchgeführt. Zu dieser Lerngruppe gehören Nora, Ali, Uwe und Peter. Innerhalb dieser Lerngruppe sind auch die Lernvoraussetzungen sehr divergent.

7.2.3.1 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Nora

Nora ist 10 Jahre alt und geht in die 4. Klasse. Sie wird von der Lehrkraft als pflichtbewusst und ehrgeizig charakterisiert, die als Gruppenführerin nur sehr schwer Aufgaben abgeben kann. Nora wird in vielen Lernbereichen sehr stark gefördert, insbesondere im musischen und sportlichen Bereich. Ihre Lernergebnisse sind in der Regel befriedigend.

Benennung der Menschenaffen vor und nach dem Unterricht

Nora erkennt und benennt vor dem Unterricht von den abgebildeten Menschenaffen nur den Gorilla (S1, Abs. 2-11, Prä). Im Prä-Interview macht sich schnell bemerkbar, dass Nora allgemein wenig Vorwissen zu den abgebildeten Menschenaffen hat. Dementsprechend hält sich Nora zu Beginn der Unterrichtseinheit auch sehr zurück. Sie äußert im einführenden Sitzkreis keine Vorstellungen zu den Menschenaffen, sondern hört den aktiveren Grundschulkindern aufmerksam zu. Im Post-Interview bezieht sich Nora konkret auf die Äußerungen von Leon (S1, Abs. 27, Post), der im einführenden Klassengespräch die Menschenaffen richtig benannte. Nach der Unterrichtseinheit benennt Nora dann alle Menschenaffen richtig (S1, Abs. 2-3, Post).

Begriffsverwendung – Menschenaffen

Vor dem Evolutionsunterricht bezeichnete Nora die abgebildeten Menschenaffen unscharf als „Affen", wobei sie den abgebildeten Orang-Utan nicht mit Sicherheit als Affen bestimmen kann (S1, Abs. 1-11, Prä). Nach dem Unterricht bezeichnet Nora die Gorillas, Schimpansen und Orang-Utans, wie im Unterricht behandelt, als Menschenaffen (S1, Abs. 3-5).

Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Menschen

Nora kam mit einer komplexen Hybridvorstellung zur Entstehung der Menschen in den Unterricht. Auf eine sehr originelle Weise vermischt Nora im Prä-Interview religiöse Vorstellungen aus der Bibel (Schöpfungsgeschichte und die Sintflut) mit der Vorstellung der Affenabstammung:

> „In der Bibel stand, dass Gott die ersten Tiere erschaffen hat und das war ein Junge. Der was ganz friedlich. Der hat ganz friedlich gelebt und hat und dann hat Gott halt so ein Hochwasser gemacht und da hat, sollte halt ein Schiff bauen mit all den Tieren, die er mochte, halt allen Tieren, sollte er an Boot Bord nehmen und dann beginnt das, begann das Unwetter für viele Jahre und dann als sich alle ertrunken haben, hat, ist das Hochwasser wieder gestieg/ halt wieder weg und dann sind die ersten Affen und Tiere auf die Erde gekommen und so haben sie sich entwickelt. [...] Ja und dann paar Jahre war das Hochwasser ungefähr so und dann als es sich wieder gelichtet hat sind die auch wieder von Bord runter und dann, ja. [...] Und der war halt alt und ist dann irgendwie gestorben. Das war der einzige Mensch glaube ich und dann haben sich die Affen zum Menschen entwickelt" (S1, Abs. 137, 149, 151, Prä)

Noras Präkonzept lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Gott hat die Tiere und den ersten Menschen (ein Jungen) erschaffen. Angelehnt an die biblische Sintflut-Erzählung gab es dann irgendwann ein Hochwasser, das der erste Mensch zusammen mit den Tieren

überlebte. Der erste Mensch starb dann irgendwann und die Menschen entstanden ein zweites Mal, wobei sich die Menschen dann aus den Affen entwickelten. Diese Hybridvorstellung lässt sich *nach* dem Unterricht nicht mehr identifizieren. Aus der vorunterrichtlichen Mischvorstellung (direkte Erschaffung **und** Affenabstammung der Menschen) wurden zwei Vorstellungskomplexe, die Nora im Post-Interview mit einem „**oder**" voneinander trennt (S1, Abs. 201-202, Post). Die Vorstellungsentwicklung ist nicht im Sinne eines *radikalen Konzeptwechsels* misszuverstehen. Nora äußert nach dem Unterricht noch kreationistische Vorstellungen, allerdings reflektierter und deutlich distanzierter: „***Einige** sagen ja, Gott hat sie [die ersten Menschen] erschaffen, weil die Geschichte von Gott, den Schlangen und den zwei Menschen halt, ein Junge und ein Mädchen"* (S1, Abs. 168, Post). Nora zweifelt nach dem Unterricht an der Erschaffung der ersten Menschen, lehnt die Vorstellung aber auch nicht ab (S1, Abs. 185-190, Post). Die feststellbare weiche Umstrukturierung von Noras Vorstellungen zur Entstehung der Menschen steht im Zusammenhang mit dem im Unterricht gezeigten Evokids-Film: „*Weil ich hab jetzt den Film gesehen*", äußert sich Nora im Post-Interview (S1, Abs. 176, Post). Sie nimmt inhaltlich Bezug auf den Film, den sie ganz konzentriert und aufmerksam schaute:

> „Ja, vor vielen hundert Jahren oder, nein, vor vielen Millionen Jahren, da (...) ist, sind, na hat sich, also von dem Jungen, die Mutter, deren Mutter die Hand gegeben und die Oma dann der (Gr?), ja, und bis irgendwann, ja kamen halt die Menschen UND die heutigen Menschen haben Kleider an. Ja und die waren dann nackt, ja und da gingen sie noch auf Zweien wo sie nackt waren und langsam gingen sie auf Vieren" (S1, Abs. 192, Post).

Während des Unterrichts wurde Nora mit den affenähnlichen Vorfahren der Menschen konfrontiert. Auffällig ist, dass Nora beim Schauen des Evokids-Lehrfilms die Nacktheit der Vorfahren als sehr unangenehm empfand. Sie schaute weg und äußert sich abstoßend („*Oh ist das Scheiße*"), währenddessen andere Kinder (wie Ali) an der gleichen Stelle des Films lachten.

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Veränderlichkeit

Nora verfügt sowohl vor als auch und nach dem Unterricht über die Vorstellung der evolutionären Veränderlichkeit. Vor dem Unterricht nennt Nora bezüglich der Evolution des Menschen den Fellverlust, den aufrechten Gang (vom Vierbeiner zum Zweibeiner) sowie kulturelle Veränderungen (S1, Abs. 84-121, Prä). Nach dem Unterricht sind Noras Vorstellungen noch differenzierter und ausgeprägter. Nora stellt im Post-Interview fest,

dass sich im Laufe der Menschwerdung „*sehr viel*“ verändert hat (S1, Abs. 155):

> „Also das Fell war weg, sie gingen nicht mehr auf allen Vieren, sondern nur noch auf zwei. Konnten mit den Händen, ja, richtig noch greifen, unten mit den Füßen ja halt nicht mehr. Sie hielten nicht mehr in Höhlen auf, sondern jetzt in Gebäuden, Häuser, und die Augen haben sich verändert und halt, der Mund wurde dicker und kleiner und die Nase halt nicht mehr so wie ein Gorilla (lacht) und ja“ (S1, Abs. 159, Post).

Im Zusammenhang mit den Augen spricht Nora im Post-Interview auch die Reduktion der Überaugenwülste an:

> „Die Dinger hier (zeigt auf ihre Augenwülste), waren auch. Die Augen waren nicht mehr so tief rein und ja, die Haare waren nur noch am Kopf, hat kein Fell mehr und mittlerweile ziehen wir auch Kleider an (lacht)“ (S1, Abs. 230, Post).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Nora mit den Vor- und Frühmenschen *Australopithecus* und *Homo erectus*. *Australopithecus* beschreibt Nora mit sehr langen Armen und einem Fell. *Homo erectus* wird von ihr als „halb Mensch, halb Affe“ charakterisiert, der einen kleinen Schädel hat. Nora vergleicht die Vor- und Frühmenschen mit den Jetztmenschen. Sie notiert, dass die heutigen Menschen unter anderem kürzere Arme haben (Arbeitsblatt zu Lernstation 3).

Zusätzlich zu dem differenzierten Verständnis der evolutionären Veränderungen konnte Nora ein erstes evolutionäres Zeitverständnis aufbauen. Vor der Unterrichtseinheit unterschätzt Nora den Zeitraum der Humanevolution gewaltig: „*Das hat glaub ich ein paar Jahren gedauert halt [...] vielleicht so paar Jahrhunderte [...] vielleicht von Jahrzehnten, wäre wahrscheinlicher“* (S1, Abs. 124-133, Prä). Nach dem Unterricht spricht Nora dann von „*vielen Millionen Jahren*“ (S1, Abs. 192, Post). Die zeitliche Vorstellung von Millionen Jahren hat Nora aus dem Evokids-Lehrfilm. Während des Unterrichts hat sich Nora zusammen mit ihrer Lerngruppe mit der Frage auseinandergesetzt, wann die Vorfahren der Menschen lebten:

> **Nora**: Wann lebten ungefähr die Vorfahren (zeigt auf die Sternchenaufgabe)?
> **Forscher**: Mhm (bejahend). Genau. Das war ja die Sternchenaufgabe. Habt ihr noch etwas in Erinnerung?
> **Peter**: Also ich glaube 7 Millionen Jahren
> **Forscher**: Wer?
> **Peter**: Die hier (zeigt auf den Australopithecus). Da waren ja die ganz. Die waren ja nach den, diesen Katzen.
> **Uwe**: Diese Katzen (wohnen ja auch?).
> **Peter**: Die lebten vor 11 Millionen Jahren glaub ich (zeigt auf den Australopithecus)

> und die vor 7 (zeigt auf den Homo Erectus).
> **Forscher**: Was hattet ihr hier geantwortet? Wer lebte früher, Australopithecus oder Erectus?
> **Nora**: (Nora unterstreicht auf dem Arbeitsblatt den Australopithecus) (Beobachtungsprotokoll 4)

Später korrigiert Nora die auf dem Arbeitsblatt („Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher“) notierten und von Peter erwähnten 11 und 7 Millionen Jahre bezüglich *Australopithecus* und *Homo erectus*. Nora hält als Lernergebnis schließlich fest, dass *Australopithecus* vor rund 4 Millionen Jahren und die ersten Frühmenschen (*Homo erectus*) vor circa. 1,8 Millionen Jahren lebten (Arbeitsblatt zu Lernstation 3).

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen

Nora geht vor dem Unterricht davon aus, dass die Menschen mit den Affen verwandt sind. Auch sie persönlich fühlt sich mit den Affen verwandtschaftlich verbunden. Um dies zu verdeutlichen geht Nora gedanklich, wie im Evokids-Lehrfilm dargestellt, anhand der mütterlichen Linien ihres eigenen Stammbaums in die Vergangenheit zurück:

> „Also ich wurde von meiner Mutter geboren, meiner Mutter von meiner Oma, meine Oma von meiner Großmutter, oder Groß, warte, ja immer so weiter bis zum vorletzten Menschen, vielleicht noch im, wo Christus Jesus geboren wurde, dann noch weiter vor, vielleicht so, hehe, und dann ja irgendwann ja“ (S1, Abs. 159, Prä)

An dieses grundlegende genealogische Präkonzept konnte im Unterricht gut angeknüpft werden. Bezüglich der evolutionären Verwandtschaft ist allerdings anzumerken, dass Nora zwar über die Vorstellung der Affenverwandtschaft der Menschen verfügt, aber nicht über die Vorstellung der evolutionären Verwandtschaft *aller* Menschenaffen. Auch nach dem Unterricht hat Nora teilweise Schwierigkeiten sich die evolutionäre Verwandtschaft aller Menschenaffen vorzustellen. So ist sich Nora auch im Post-Interview nicht sicher, ob die Orang-Utans mit den anderen Menschenaffen verwandt sind oder nicht (S1, Abs. 209-214, Post). Diese Unsicherheit hängt damit zusammen, dass Nora auch nach dem Unterricht noch teilweise über ein geradliniges Evolutionsverständnis verfügt. Die heute lebenden Menschenaffen werden von Nora als evolutionäre Vorstufen und Zwischenformen angesehen (Abbildung 31).

Vorstellungsentwicklung zum Stammbaumdenken und -lesen

Vor dem Unterricht äußert Nora die Fehlvorstellung, dass die heute lebenden Menschenaffen „*die Vorfahren der Menschen*“ waren (S1, Abs. 14-17, Prä). Diese Fehlvorstellung

hält sich bei Nora hartnäckig. Auch nach dem Unterricht ist diese Vorstellung noch identifizierbar, obwohl sie den Menschenaffen-Stammbaum kennt und richtig lesen kann (S1, Abs. 321-367, Post). Im Post-Interview zeichnet Nora, wie bereits dargestellt, eine Abstammungsreihe, die bei den Orang-Utans beginnt und bei den Menschen endet (Abbildung 31):

> „Also ganz, vor ganz langer Zeit waren die Orang-Utans und dann gab es halt die Gorillas und dann die Schimpansen und wir Menschen halt, ja, als letztes, ich weiß nicht, ob die Reihenfolge stimmt“ (S1, Abs. 206).

Im weiteren Verlauf des Interviews wiederholt Nora diese Fehlvorstellung nochmals: „*Die Gorillas haben sich zu Schimpansen verwandelt*“ (S1, Abs. 216, Post).

Abbildung 31: Noras gezeichnete Abstammungsreihe der Menschenaffen im Post-Interview

Nichtsdestotrotz lässt sich bei Nora auch eine gute Stammbaumlesefähigkeit diagnostizieren. Noras Verständnis der verwandtschaftlichen Zusammenhänge der Menschenaffen ist stark *kontextabhängig*. Zeigt man Nora im Post-Interview einen Menschenaffen-Stammbaum, so kann Nora diesen ohne Probleme interpretieren und die Verwandtschaftsverhältnisse der Menschenaffen richtig benennen. Für Nora ist dann klar: Die Menschen sind die nächsten Verwandten der Schimpansen – nicht die Gorillas. Die

enge Verwandtschaft begründet Nora im Post-Interview damit, dass „*sie den kürzesten Weg zum gemeinsamen Vorfahren haben*“ und zeigt dabei auf den letzten gemeinsamen Vorfahren der Menschen und Schimpansen (S1, Abs. 327-332, Post). Auf die Frage, wer am entferntesten mit den Schimpansen verwandt ist, nennt Nora die Orang-Utans (S1, Abs. 335-356, Post). Auch dies begründet Nora mit dem Weg zum letzten gemeinsamen Vorfahren (S1, Abs. 338, Post). Ebenso findet sie im Stammbaum ohne Probleme den gemeinsamen Vorfahren von Schimpansen, Gorillas und Menschen (S1, Abs. 340-342). Und auf die Frage, wer am nächsten mit den Gorillas verwandt ist, antwortet Nora richtig: „*Der Mensch und der Schimpanse zusammen*“ (S1, Abs. 348, Post). Darüber hinaus stellt Nora fest, dass sich die phylogenetische Aussage des Stammbaums nicht verändert, wenn man die Äste um die Verzweigungspunkte dreht:

> „Weil Menschen und Schimpansen haben ja immer noch den kürzesten Weg (zeigt auf der Stammbaum-Karte 2 auf den Weg zum gemeinsamen M-S-Vorfahren), dann folgt der Gorilla zum gemeinsamen Vorfahren (zeigt auf der Stammbaum-Karte 2 auf den Weg von den Gorillas bis zum gemeinsamen M-S-G-Vorfahren) und dann halt der Orang-Utan als letztes (zeigt auf der Stammbaum-Karte 2 auf den Weg vom Orang-Utans zum gemeinsamen M-S-G-O-Vorfahren). Hier ist auch Mensch und Schimpanse zuerst (zeigt auf der Stammbaum-Karte 1 auf den gemeinsame M-S-Vorfahren), dann wird der Gorilla folgt auch noch mit (zeigt auf der Stammbaum-Karte 1 auf den gemeinsamen M-S-G- Vorfahren) und dann als zuletzt, als zuletzt der Orang-Utan noch (zeigt auf der Stammbaum-Karte 1 den Weg von den Orang-Utans bis zum gemeinsamen M-S-G-O-Vorfahren), trafen sie sich“ (S1, Abs. 356, Post).

Das Stammbaumlesen hat Nora mithilfe des Stammbaum-Ordners gelernt. Die videogestützte Beobachtung zeigt, wie sich Nora und Peter mit dem Stammbaum-Ordner (Lernstation Menschenaffen-Familie) beschäftigen und Lerngespräche angestoßen werden. Obwohl Nora und Peter sich an der Lernstation zur Menschenaffen-Familie nicht an die vorgegebene Schritt-für-Schritt-Anleitung hielten, konnten sie die Fragen des Arbeitsblattes richtig beantworten (Arbeitsblatt zur Lernstation 4). Während des Lernspiels „*Mach dich zum Affen*“ konnte Nora ihre Stammbaumlesefähigkeit anwenden und üben. Während des Lernspiels sind bei Nora keine Lernschwierigkeiten feststellbar. Die Quizfragen zur Verwandtschaft (Aktionskarten) beantwortet Nora fachlich korrekt. Nora geht davon aus, dass die rezenten Menschenaffen „*gemeinsame Vorfahren*“ haben, was u.a. im folgenden Spielausschnitt deutlich wird:

> **Nora**: Wer ist am nächsten mit den Schimpansen verwandt? (liest die Aktionskarte). Der Mensch.
> **Peter**: Der Mensch.

> **Nora**: Der Mensch.
> **Spielleiter**: Mhm (bejahend). [...] Wie kommt ihr darauf? Wie kann man darauf kommen, wenn man sich den Stammbaum anguckt?
> **Nora**: Weil sie den kürzesten Weg haben.
> **Spielleiter**: Bis wohin?
> **Nora**: Bis da (zeigt im Stammbaum auf den gemeinsamen Vorfahren der Schimpansen und Menschen). Bis zum gemeinsamen Vorfahren.
>
> (Beobachtungsprotokoll Lernspiel)

Auf die Frage, wieso die Menschen den Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans so stark ähneln, antwortet Nora während des Lernspiels: „*Weil wir Affen sind*" (Beobachtungsprotokoll Lernspiel).

Vorstellungsentwicklung zur Variation

Bei der Schimpansen-Bildkartenauswahl entscheidet sich Nora sowohl vor als auch nach dem Unterricht für vier gleiche Schimpansen-Bildkarten (4x Bildkarte DH2). Im Prä-Interview argumentiert Nora bei der Auswahl typologisch: „*Weil die vier keine Schimpansen sind (zeigt auf 4x Bildkarten D) und diese waren zu gelb für mich (zeigt auf 4x Bildkarten H)"* (S1, Abs. 49, Prä). Im Interviewgespräch bemerkt Nora aber auch: *„Ich bin mir nicht sicher, weil Babys sehen ja meistens anders aus"* (S1, Abs. 83, Prä). Obgleich Nora einen generalisierenden Typus bildet, geht sie offensichtlich nicht davon aus, dass die Schimpansen tatsächlich individualtypologisch immer gleich aussehen (S1, Abs. 60-75, Prä).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Nora an der Lernstation „*Wir sind alle verschieden*" neugierig mit den Unterschieden und Gemeinsamkeiten zwischen sich und ihren Mitschülern (Körpergröße, Haar- und Augenfarbe, Händigkeit, Sommersprossen, Fingerabdruck). Es entwickelt sich dabei eine rege Diskussion darüber, ob Nora Sommersprossen hat oder nicht (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 1). Neben den Unterschieden im Aussehen werden bei der Gruppenarbeit auch unterschiedliche Verhaltensweisen und Tätigkeiten der Kinder genannt. Nora stellt zum Beispiel fest, dass sie sehr gut reiten und Tennis spielen kann (Arbeitsblatt zur Lernstation 1). An der Station „*Wir sind alle verschieden*" stellt sich die Einzigartig- und Unverwechselbarkeit von Nora heraus. Bei der Lernstation „*Jedes Affengesicht ist anders*" steht das pragmatische (typologische) Ordnen der Menschenaffen im Vordergrund. Nora gruppiert zusammen mit Peter die unterschiedlichen Affengesichter in drei Menschenaffen-Gruppen (Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans). Nora legt dabei die „*Nase*" als entscheidendes

Merkmal fest, an dem sie sich orientiert, um die Gesichter der Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans voneinander zu unterscheiden (Arbeitsblatt zur Lernstation 2).

Im Post-Interview erinnert sich Nora an ihre prototypische Auswahl und wählt wieder die gleichen Schimpansen-Bildkarten aus wie im Prä-Interview: „*Ich habe das letzte Mal die vier genommen (zeigt auf 4x Bildkartei DH2), weil sie einigermaßen freundlich aussehen und die da nämlich nicht (zeigt auf die Bildkarten D)*“ (S1, Abs. 61, Post). Nora gibt ästhetische und keine typologischen Gründe mehr für ihre Schimpansen-Bildkartenauswahl an. Wie im Prä-Interview auch, betrachtet Nora die Schimpansen in einer Population nicht als völlig gleichaussehend (S1, Abs. 82-85, Post). Gemäß Noras Äußerungen unterscheiden sich die Schimpansen aber vor allem in ihren Verhaltens- und Charaktermerkmalen:

> „Weil manche, also die sehen nicht gleich aus, also die können mal gleich aussehen, aber vom Charakter her sind die nie gleich [...] wie sie sich bewegen und was sie lieben und wie sie gucken“ (S1, Abs. 87, Post).

Insgesamt betrachtet lässt sich bei Nora weder vor noch nach dem Unterricht ein ausgeprägtes und gefestigtes Variationsverständnis feststellen. Nach der Unterrichtseinheit äußert sich Nora immer noch schwankend und relativ unsicher (S1, Abs. 99, Post).

7.2.3.2 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Ali

Ali ist 9 Jahre alt und geht in die 3. Klasse. Er ist erst vor kurzer Zeit in die Klasse gekommen. Ali wurde nach Auskunft der Lehrkraft längere Zeit nicht beschult, da er aufgrund seiner Verhaltensauffälligkeit keine Schule mehr besuchen durfte. Seine Ausdrucksweise ist häufig sehr verletzend, roh und sexualisiert. Bei Ali wurde ADHS diagnostiziert. Außerdem ist er spielsüchtig (PC-Spiele). Erst seit kurzer Zeit wurde ihm die Spielzeit stark verkürzt, was ihn sehr beschäftigt. Ali hat große Schwierigkeiten bei Gruppenarbeiten und gibt schnell auf. Er kann nicht lange sitzen und nur mit Hilfen Aufgaben lösen. Nach Angabe der Lehrkraft fühlt sich Ali als „minderwertig“ und behauptet von sich, dass er „nichts könne und dumm sei“. Auf Tiere kann sich Ali gut einlassen.

Erkennen und benennen der Menschenaffen

Ali kann im Prä-Interview nur den Schimpansen richtig bestimmen. Der abgebildete Orang-Utan ist Ali zwar bekannt, kennt aber seinen Namen nicht (S4, Abs. 35, Prä). Ali

betont vor dem Evolutionsunterricht: „*Ich kenne mich damit nicht so gut aus*“ (S4, Abs. 33, Prä). Während des einführenden Unterrichtsgesprächs werden die Menschenaffen von Alis Mitschülern (Leon und Peter) richtig benannt. Ali hält sich zunächst zurück, wirft dann aber plötzlich ins Klassengespräch ein: „*Gorilla hat ein Hut auf*“ und spielt damit auf den auf der Präsentationsfolie abgebildeten Menschen an, der einen Hut trägt (Beobachtungsprotokoll Plenum). Während des Unterrichts werden die Menschenaffen immer wieder benannt. Insbesondere bei der Lernstation „*Jedes Affengesicht ist anders*“ und der Station „*Erforsche die Menschenaffen*“ beschäftigt sich Ali mit den Menschenaffen, wobei er von der Lehrkraft längere Zeit individuell unterstützt wird (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 3 und 5). Während des Spiels „*Mach dich zum Affen*“ übt Ali dann das Erkennen und Benennen der Menschenaffen, was ihm nach kurzer Zeit auch ohne Schwierigkeiten gelingt (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Im Post-Interview kann Ali die Schimpansen, Orang-Utans und Gorillas korrekt benennen (S4, Abs. 16, Post).

Begriffsverwendung – Menschenaffen

Wie die meisten Kinder, bezeichnet Ali die abgebildeten Menschenaffen vor dem Unterricht unscharf als „Affen“ (S4, Abs. 36-37, Prä). Während des Klassengesprächs deutet Ali auf den Gorilla und benennt ihn als „*Menschenaffen*“. Den Schimpansen betrachtet Ali hingegen explizit *nicht* als Menschenaffen, sondern als *„Arsch*“. Die Lehrkraft korrigiert dies und weist darauf hin, dass auch die Schimpansen Menschenaffen sind (Beobachtungsprotokoll Zwischengespräch). Nach der Unterrichtseinheit bezeichnet Ali die Menschenaffen wissenschaftlich korrekt: *„Eigentlich sind es Menschenaffen [...] Es sind ja nicht alle Affen Menschenaffen. Es gibt auch so kleine Äffchen“* (S4, Abs. 20, 24, Post).

Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Menschen

Ali kommt mit einem naturalistisch-materialistischen Präkonzept zur Entstehung der Lebewesen und Menschen in den Unterricht:

> „Es gab vielleicht vor 43.000 Trillionen oder Zillionen Jahren einen Urknall. KaBOOM (deutet mit seinen Händen eine „Explosion“ an). Dadurch ist die Erde entstanden. Ja, dann ist ein Fluss entstanden. Dann kamen Samen. Daraus sind dann kleine Dinos gewachsen, so wie auch Krokodile. Die gibt es ja heute noch und die Alligatoren. Dann zu dieser Zeit sind auch dann die Affen entstanden. Das waren auch einer von den allerersten Tieren. Ja und daraus sind dann die Menschen entstanden“ (S4, Abs. 179, Prä).

Wie Alis Äußerungen zeigen, geht er von der Affenabstammung der Menschen aus und führt das Dasein der Menschen letztlich auf den „Urknall“ und darauffolgende Urzeugungen aus Samen zurück. Außerdem verfügt er über die bekannte Fehlvorstellung, dass die Affen zu den „allerersten Tieren“ gehören (vgl. Kapitel 7.1.1.1). Eine einfache (wundersame) plötzliche Entstehung der Menschen kann sich Ali nicht vorstellen:

> „Und manche sagen, die Menschen sind einfach so entstanden. Puff, ein Mensch war da. Puff, puff, puff, puff [...] Ich habe mir das nicht vorgestellt. Das waren andere, die das gesagt haben“ (S4, Abs. 225, 227, Prä).

Während des Unterrichts ist Ali sehr unruhig, impulsiv und sehr unkooperativ. An den Lernstationen beteiligt er sich nur selten konstruktiv an der Gruppenarbeit. Im Gegenteil, er verhält sich meist störend und teilweise sogar sehr aggressiv gegenüber seinen Mitschülern und Mitschülerinnen. Ali muss von der Lehrkraft immer wieder ermahnt, motiviert und einzelbetreut werden. Auffällig ist, dass Ali gleich zu Beginn unbedingt an diejenige Lernstation will, wo die iPads liegen, um dort zu „zocken“ und den Film zu schauen. Während Ali sich nur schwer auf die Gruppenarbeit an den Lernstationen einlassen kann, schaut Ali den Evokids-Lehrfilm umso aufmerksamer. Er gibt dabei immer wieder Kommentar ab, die unterstreichen, dass er den Inhalt des Films genau verfolgt („*Was ist denn das? (...) Geil [...] Ey, warum raucht die eine?* [...] *Ur..Ur..Ur..Ur..Ur..Uuuuuur [...] Steinzeit-Oma [...] Die sind ja nackt (lacht) (...) die sind NACKT (...) oh mein Gott [...] erst zwei Stunden und wir sind schon fast über die ganze Welt gefahren*). Bei „Oma-Chimpman“ angekommen, dem gemeinsamen Vorfahren von Menschen und Schimpansen, stellt Ali dann fest: „*Jetzt ist er ein Affe*“. Und über die „MaKAKEN“ amüsiert er sich sehr: „*Kacka. Wie sieht denn die aus? Wie eine Katze, wie ein Katzen-Affe (lacht)*“. Er assoziiert damit, wie später deutlich wird, „*eine Katze mit Yoda-Ohren (...) halb Yoda, halb Katze, halb Affe*“. Ali macht dabei Yoda von Star Wars („*Ich große Erschütterung spüren*“), einen Affen („*UUAA*“) und eine Katze („Miau“) nach. Im anschließenden Gruppengespräch äußert Ali: „*Und 7 Millionen Jahre in der Vergangenheit. Da haben wir die Affen gesehen, die eigentlich dann Oma war*“ (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 3).

Wenig überraschend betont Ali auch nach dem Unterricht die Affenherkunft der Menschen. Etwas anderes kann sich Ali überhaupt nicht vorstellen: „*Ja wie soll der Mensch denn sonst entstanden sein?*“, fragt Ali den Interviewer (S4, Abs. 231, Post). Während des Lernspiels „*Mach dich zum Affen*“ erwähnen Nora und Peter, dass sie die

Geschichte von Adam und Eva kennen. Ali kann an diese religiöse Geschichte nicht glauben. „*Ich glaube nichts was asozial ist*“, äußert sich Ali (Beobachtungsprotokoll zum Lernspiel). Vergleicht man Alis Prä- und Postkonzepten hinsichtlich der Entstehung der Menschen aus Affen, stellt man keine merklichen Veränderungen fest. Ali scheint nach dem Unterricht allerdings über eine etwas graduellere Entwicklungsvorstellung zu verfügen als noch vor dem Unterricht:

> „Erst ist er halt ein Affe, dann entwickelt er sich weiter, wird größer, weniger Haare und dann irgendwann kommt es dann zum Urzeitmenschen. Ja (...) Urzeitmenschen kriegen die dann weniger Haare und werden dann zum so, ja, zu einem Mittelaltermenschen dann oder noch mehr. Ja, wenn die Urzeitmenschen nicht davor sterben“ (S4, Abs. 233).

Außerdem äußert Ali nach dem Evolutionsunterricht nicht mehr die Vorstellung, dass die Affen zu den „allerersten Tieren“ gehören, sondern merkt an, dass er die Entstehungszeit der Affen schlicht nicht kennt: „*Weil es gab ja erst Dinos und wann Affen entstanden sind oder so habe ich gar nicht, weiß ich gar nicht*“ (S4, Abs. 146, Post). Ali stellt sich vor, dass die Affen schrittweise (im Laufe von vielen Millionen Jahren) aus Samen „erwachsen“ seien:

> „Naja es gibt ja immer Samen. Und aus irgendeinem Samen ist auch ein Affe gewachsen. Erst war es halt dann so, dann so, dann so, dann so. Dann so und so und so und so und immer größer. Mit vielen Millionen Jahren. [...] Urknall. Viele Planeten aneinander und von irgendeinem Planeten ist ein Samen oder hat die Erde irgendwo unten ganz tief in der Lava oder es ist irgendwas entstanden, woraus sind halt dann Lebewesen geworden. [...] komische Tiere [...] ja die hatten, ich kann mir auf jeden Fall vorstellen, wie die am Anfang waren. Die haben alle im Wasser gelebt und dann sind denen dann langsam also erst hatten sie nichts. Hatten sie Flossen gewachsen und aus den Flossen sind dann die Arme geworden. Alle oder so. [...] Könnte ich mir Mini vorstellen [Lebewesen am Anfang]. [...] SEHR klein [...] Das ist ja ungefähr mikroskopisch. [...] Dass man es nur mit, also fast, noch nicht mal mit einem Mikroskop sehen kann. Also eigentlich nur mit dem Mikroskop [...] Vielleicht so in der Art [Zeichnung], ohne Beine oder sowas [...] Am Anfang haben sie eigentlich nichts. Die wachsen dann erst [...]“ (S4, Abs. 150-174, Post).

Wie sich Ali den kleinen Samen vorstellt hat er zeichnerisch dargestellt (Abbildung 32). Er kommentiert seine Zeichnung wie folgt:

> „So kann man sich einen ganz kleinen Samen eigentlich vorstellen [...] Also das habe ich mir vorgenommen eigentlich so für die äußerlichen Organe, also die wir jetzt nicht haben. [...] Das ist der Körper hier [der mittlere Teil des gezeichneten Samens]. Das vordere und hinten sind die ganzen Sachen, die erstmal ja entstanden sind. [...] Das außen herum ist eine Flosse. [...] Dann vielleicht in ein

paar Trillionen Jahren oder so, wächst dann aus der Flosse halt so ein Arm. Entweder vom Affen oder vom Dino. [...] Beides in einem kann es eigentlich auch werden. Über Affendinos habe ich noch nicht sehr viel gehört. [...] Eigentlich kann es nur erst ein Dino werden und dann ein Affe [...] Weil es gibt Dinos, die schwimmen können und so und Affen, die im Wasser unter Wasser können sie doch gar nicht überleben“ (S4, Abs. 184-197, Post).

Abbildung 32: Alis Zeichnung zur Entstehung der Affen aus mikroskopisch kleinen Samen

Die Frage nach der Herkunft der Affen und das Verhältnis von Dinosauriern und Menschen wurde an den Lernstationen nicht thematisiert. Allerdings entfachte sich am Ende der Unterrichtseinheit, beim Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ eine interessante Diskussion darüber:

I: Haben die Dinosaurier denn mit den Menschen zusammengelebt?
Alle Kinder: Nein.
Ali: Doch.
I: Ja?
Peter: Doch. Ich als kleines Baby. Da habe ich ein Dinosaurier (verprügelt?).
Ali: Die leben immer noch mit uns. Nämlich die Krokodile und die Eidechsen oder Echsen.
Peter: Nein, nein, nein (Kopfschütteln).
Ali: Doch, Doch, doch,
Peter: Die stammen nicht von den Dinosauriern ab.
Ali: Doch. Die Alligatoren auch. Doch, doch, doch.

Peter: Die stammen aber nicht von den Dinosauriern ab.
Milan: Doch, doch, doch.
I: Von wem stammen die ab?
Peter: Vögel.
Ali: Kann ein Krokodil fliegen?
I: Die Dinosaurier meinst du?
Peter: Ja. [...]
I: Was meinst du (zu Nora), haben die Menschen mit den Dinosauriern zusammengelebt?
Nora: Nö. Als die Menschen auf die Welt kamen, sind die Dinosaurier ausgestorben (Störgeräusche).
I: Was meintest du?
Nora: Wo die Menschen auf die Erde kamen, waren die Dinosaurier schon ausgestorben.
Peter: Mhm (verneinend). Die Vögel waren noch da. Die sind praktisch die Dinosaurier. (Beobachtungsprotokoll zum Lernspiel)

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Veränderlichkeit

Ali geht vor und nach dem Evolutionsunterricht davon aus, dass sich die Menschen im Laufe der Menschheitsgeschichte verändert haben (S4, Abs. 163-165, Prä; Abs. 138, Post). Vor dem Unterricht stellt sich Ali die ersten Menschen als sehr behaarte Höhlenmenschen mit „*Steinknüppel*" vor, die eine „*Uga-Uga*"-Sprache besaßen, auf Jagd gingen, mit Feuersteinen umgehen konnten und Lagerfeuer anlegten (S4, Abs. 138-153, Prä). Vor dem Unterricht äußert sich Ali zu evolutionären Veränderungen wie folgt:

> „Sie haben nicht mehr sehr viele Haare. Zum Beispiel im Gesicht sind fast keine mehr. Bei den Männern, die kriegen auch noch so einen Bart. Manche haben auch Brusthaare oder so. Ein paar Haare sind noch da, aber das sind nicht mehr so viele [...] Die haben coolere Kleidung an und Nagellack [...] oder Ohrringe [...] Die Haare werden weniger. Er benimmt sich immer mehr wie ein Mensch. Läuft dann auf zwei Beinen und dann sieht der halt schon aus wie ein Mensch. Gerader Rücken, GERADE" (S4, Abs. 163-165, 233 Prä).

Auch im Post-Interview nennt Ali den Fellverlust, die veränderte Fortbewegungsweise, die Zunahme der geistig-kognitiven Fähigkeiten und kulturellen Veränderungen:

> „Haben weniger Haare gekriegt, sind schlauer geworden und laufen auch besser. Haben auch, können auch Auto fahren. Früher gab es noch nicht mal richtigen Boden. Joa. Haben dann Kleidung erfunden und auch eine Uhr. Kann man noch besser aussehen [...]. Weil irgendwann sind weniger Haare geworden und dann waren sie ja ganz nackt. Und dann ist denen auch kalt geworden, weil dann Winter oder sowas kam. Hatten zwar Feuer, aber irgendwann haben sie halt dann Tierfell genommen als Kleidung, haben sie sich dann umgezogen" (S4, Abs. 138, 142, Post).

Während des Unterrichts wird deutlich, dass Ali und die anderen Kinder besonders die Veränderungen der Körperbehaarung interessieren. Die Kinder betrachten ihre eigene Körperbehaarung und stellen fest, dass die heutigen Menschen recht unterschiedlich stark behaart sind. Auch Ali bringt sich diesbezüglich konstruktiv in der Gruppenarbeit ein:

> **Nora**: (...) Menschen heute? (betrachtet die Tabelle auf dem Arbeitsblatt bei Lernstation 3). Haare (füllt das Arbeitsblatt aus).
> **Ali**: Nein, keine Haare.
> **Uwe**: Die haben Fell.
> **Ali**: Wir haben kein Fell.
> **Peter**: Wir haben schon Haare auf der Haut (zeigt auf seine Arme).
> **Uwe**: Ja, guck da (zeigt auf den Arm von Peter).
> **Ali**: Die meisten sind auf unseren Haaren (zeigt auf seine Kopfhaare). Also so auf dem Kopf.
> **Uwe**: Ich habe ganz viele. (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 3)

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen

Dass die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans miteinander verwandt sind, lehnt Ali im Prä-Interview ab. Ali begründet dies mit dem unterschiedlichen Aussehen der Menschenaffen: *„Die sehen verschieden aus, deswegen"* (S4, Abs. 203, Prä). Allerdings stellt sich Ali vor, dass die Menschen mit den Schimpansen verwandt sind – jedoch nicht mit den Gorillas und Orang-Utans (S4, Abs. 207-219, Prä). Diese Fehlvorstellung kann durch den Evolutionsunterricht nur bedingt verändert werden. Ali äußert nach dem Unterricht zwar, dass die Menschen mit den abgebildeten Menschenaffen (Schimpansen, Gorillas, Orang-Utans) verwandt sind („*verwandt sind sie*"; S4, Abs. 229, Post), verfügt aber immer noch nicht über die Vorstellung einer stammesgeschichtlichen Verwandtschaft *aller* Menschenaffen. Ali lehnt die Verwandtschaft zwischen den Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans zwar nicht mehr ab, bejaht diese aber auch nicht. Er ist sich unsicher: „*Ja, könnten vielleicht reden oder so zusammen. Ich meine, ich mein Freund, das ist ja auch nicht einer von der Familie oder so. Aber verwandt, ja, ich weiß es nicht so genau. [...] Klettern können ja alle Affen (...). Also mit den Ländern oder so nicht sehr verwandt, aber ich habe keine Ahnung*" (S4, Abs. 203, 207, Post). Offenbar sind die Menschenaffen für Ali „nicht so sehr" miteinander verwandt, weil sie angeblich geografisch sehr unterschiedlich verteilt sind. Dem Anschein nach missinterpretiert Ali die räumliche Darstellung der „Zeit" im gezeigten Evokids-Lernvideo an der Station „*Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher*", indem er die „Reise" in die Vergangenheit nicht als Zeitreise, sondern wortwörtlich (und wie im Film auch gezeigt) als Reise im „Raum" – also als Länder- und Weltreise - auffasst. Abschließend ist noch anzumerken,

dass Ali die Lernstation „*Die Menschenaffen-Familie*“, an welcher die evolutionäre Verwandtschaft der Menschenaffen ausführlich behandelt wurde, nicht bearbeitete. Ali verhielt sich unkooperativ und nahm dieses Lerngruppenangebot nicht an (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 4).

Vorstellungsentwicklung zum Stammbaumdenken und -lesen

Vor dem Unterricht ist bei Ali kein Stammbaumdenken identifizierbar. Und auch nach dem Unterricht äußert Ali die Vorstellung einer geradlinigen, auf den Menschen hingerichteten Humanevolution (S4, Abs. 236-273, Post). Ali zeichnet im Post-Interview eine „Skala“ von 1 bis 10, um seine Vorstellung zur Evolution der Menschenaffen zu verdeutlichen (Abbildung 33).

Abbildung 33: Alis lineare Darstellung der Humanevolution nach dem Unterricht

Ali kommentiert seine Zeichnung wie folgt:

> „Ich könnte so eine Skala zeichnen. Der erste, zweite, dritte, vierte, fünfte, sechste, siebte, achte, neunte, zehnte. Würde ich vielleicht hinkriegen [...] Ich könnte da einen Affen (zeigt auf die linke Seite des Blattes) zeichnen und da einen Menschen (deutet auf die rechte Seite des Blattes) [...] Eigentlich versuche ich einen Affen zu zeichnen, aber ich kann es nicht [...] Und unter die 2 kommt dann etwas mehr menschlicher Affe [...] Entwickeln sich weiter. Bei der 10 ist ein ganz normaler Mensch, wie du es auch bist. Das sieht eher aus wie ein Gespenst (zeigt auf die Zeichnung) [...] Dass das so eine Art ganz alter Affe ist (zeigt in der Zeichnung auf die 1) und da ein Mensch (zeigt in der Zeichnung auf die 10). [...] Mit Zeit verändert sich viel [...] Die sind ausgestorben (zeigt auf in der Zeichnung auf die 1). [...] Die können, das wäre dann ungefähr so einer bei der 4 (zeigt auf den Orang-Utan bei der Bildkarte 1) und bei der 5 wäre er etwas weiter entwickelter. Und bei der 9 wäre schon so weit, was wie der da (zeigt auf den Orang-Utan). [...] Der [Schimpanse] wäre zwischen 10 und 9 (zeigt auf seine Zeichnung). [...] Wäre das der Mittelpunkt hier, wäre der (zeichnet einen Kreis). [...] Weil die entwickeln sich weiter, werden menschlicher, haben laufen dann besser (zeigt mit dem Stift auf die Zahlenreihe 1, 2, 3 usw.). Hier ist dann schon eine Art mehr als

> ein Menschenaffe (zeigt in der Zeichnung auf die 9) und da ist ein Mensch (zeigt in der Zeichnung auf die 10)“ (S4, Abs. 237-273, Post).

Im Vergleich zu den anderen Kindern hat Ali weniger Lernangebote wahrgenommen. So macht sich hier deutlich bemerkbar, dass Ali sich nicht mit dem Stammbaum-Ordner der Lernstation „*Die Menschenaffen-Familie*“ beschäftigt hat (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 4). Zwar kennt Ali den evolutionären „*Stammbaum*“ der Menschenaffen vom Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ (S4, Abs. 280-283, Post), kann ihn aber nicht richtig interpretieren. Zum Verwandtschaftsverhältnis von Menschen und Schimpansen gibt Ali an: *„Ja der Schimpanse ist am nähesten mit dem Menschen verwandt“* (S4, Abs. 285, Post). Ali äußert immer wieder (schwankende) fehlerhafte Begründung, die zeigen, dass Ali über kein fachlich angemessenes Stammbaumverständnis verfügt (S4, Abs. 280-374). So liest Ali die „nahe“ Verwandtschaft der Menschen und Schimpansen horizontal von der Stammbaumkarte ab und betrachtet nicht die Distanz zum gemeinsamen Vorfahren: „*Weil der Mensch nah an ihm dran ist (zeigt im Stammbaum 1 auf die Schimpansen und dann auf die Menschen)*“ (S4, Abs. 309, Post). Die letzten gemeinsamen Vorfahren kann Ali nicht korrekt ermitteln. Bei den entsprechenden Fragen zeigt er auf die heutigen Menschenaffen (Orang-Utans und Gorillas) und nicht auf die Verzweigungspunkte (S4, Abs. 330-339, Post).

Vorstellungsentwicklung zur Variation

Ali wählt die Schimpansen im Prä-Interview dichotom aus (S4, Abs. 98-99, Prä) und ist sich unsicher, ob es sich bei den ausgewählten Bildkarten um Schimpansen handelt (S4, Abs. 106-110, Prä). „*Es gibt verschiedenen Affenarten*“, kommentiert Ali diesbezüglich (S4, Abs. 107, Prä). Auch wenn Ali unterschiedlich aussehende Schimpansen-Individuen als unterschiedliche Arten ansieht, denkt Ali nicht, dass innerhalb einer Affenart alle Individuen gleich aussehen (S4, Abs. 116-119, 128-131, Prä). Lebewesen werden ja schließlich nicht von Maschinen erstellt und sind daher für Ali auch nicht als gleichaussehend zu betrachten:

> „Weil es verschiedene gibt. Würde es eine Maschine geben, die die alle gleich macht, dann könnte man sagen: Was ist das denn für ein Affe. Was ist das, das und das und das rrrrrrrrr Motorschaden“ (S4, Abs. 127, Prä).

Auf die Frage, ob man Schimpansen anhand ihrer Gesichter unterscheiden kann, antwortet Ali unsicher mit „*vielleicht*“ (S4, Abs. 120-121, Prä). Nach dem Unterricht wählt Ali drei unterschiedliche Schimpansen-Bildkarten aus (S4, Abs. 74, Post). Er gibt ästhetische

Gründe für seine Auswahl an (S4, Abs. 76, Post). Im Unterschied zum Prä-Interview ist sich Ali nach dem Unterricht sicher, dass es sich bei allen auf dem Tisch liegenden Bildkarten um Schimpansen-Gesichter handelt und diese *nicht* „verschiedene Affenarten" repräsentieren: „*Das sind doch alles Schimpansen (betrachtet alle Schimpansen-Bildkarten). [...] Bloß, dass alle verschieden aussehen, aber eigentlich sind es alles Schimpansen"* (S4, Abs. 100, 102, Post).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Ali an der Lernstation „*Wir sind alle verschieden*" mit der Variation. Ali wird dabei seine Einzigartigkeit bewusst: Ali misst unter anderem seine Körpergröße („*Ich bin 1,5 m. Das heißt ich kann die großen Karts fahren*"), macht auf seine Haar- und Augenfarbe aufmerksam und gibt seinen individuellen Fingerabdruck ab. Außerdem stellt er sein besonderes Können heraus: „*Ich kann gut zocken. Das kann ich GUT [...] Ja, ich bin sehr gut im Videospielen.*" Er spricht auch das unterschiedliche Aussehen zwischen seinen Mitschülern an. So äußert sich Ali zur dunkleren Haut von Uwe: „*Du kannst dich richtig gut tarnen, wenn du in der Dunkelheit irgendwo bist. Guck doch mal deine Farbe*" (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 1).

Die Station *„Jedes Affengesicht ist anders*" bearbeitet Ali nicht zusammen mit seiner Lerngruppe. Ali wird von der Lehrkraft einzelbetreut. An der Lernstation setzt sich Ali mit den Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Menschenaffengesichtern auseinander (Beobachtungsprotokoll zur Lernstation 2). Er arbeitet dabei heraus, dass bei den Schimpansen-Individuen der Abstand zwischen Nase und Mund länger ist als bei den Gorilla-Individuen. Beim Spiel „*Mach dich zum Affen*" achtet Ali dann insbesondere auf den Abstand zwischen Nase und Mund, was ihm als ein pragmatisches Hilfskriterium dient, um die Schimpansen und Gorillas zu erkennen und voneinander zu unterscheiden. Dementsprechend grenzt Ali beim Lernspiel „*Mach dich zum Affen*" die „dunkle" und „helle" Schimpansen-Variante nicht voneinander ab, sondern bestimmt die beiden Varianten als Schimpansen. Ali erkennt, dass Schimpansen einerseits gemeinsame Merkmale besitzen und sich ähneln, andererseits aber auch variieren: „*Sehen ein bisschen unterschiedlich aus, aber die Augen sind fast gleich*" (Beobachtungsprotokoll zum Lernspiel).

7.2.3.3 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Uwe

Uwe ist 9 Jahre alt und geht in die 3. Klasse. Er ist erst vor kurzer Zeit in die Klasse gekommen. Uwe ist sehr vorsichtig und zurückhaltend. Er beobachtet viel. Aufgaben, die ihm übertragen werden, übernimmt er in der Regel verantwortungsvoll. Die Lehrkraft beurteilt seine Schulleistungen als durchschnittlich.

Benennung der Menschenaffen vor, während und nach dem Unterricht

Vor dem Unterricht kann Uwe nur den Orang-Utan und den Gorilla richtig benennen. Den abgebildeten Schimpansen kennt er nicht mit Namen (S2, Abs. 2-3, Prä). Nach dem Unterricht benennt Uwe alle Menschenaffen korrekt (S2, Abs. 2-5, Post). Uwe hält sich im Unterricht eher zurück und äußert im einführenden Klassengespräch keine Vorstellung zu den Menschenaffen (Beobachtungsprotokoll Plenum). Während des Unterrichts lernt Uwe alle Menschenaffen genauer kennen und zu benennen. Im Übungsspiel „*Mach dich zum Affen*“ bestimmt Uwe die verschiedenen Menschenaffen richtig; auch die etwas schwieriger zu bestimmenden „hellen“ und „dunklen“ Schimpansen-Varianten benennt Uwe dann korrekt: „*Das ist glaube ich ein Schimpanse*“ (Beobachtungsprotokoll Lernspiel).

Begriffsverwendung – Menschenaffen

Während Uwe die Menschenaffen im Prä-Interview lediglich als Affen bezeichnet (S2, Abs. 5, Prä), wird Uwe im Post-Interview präziser und bezeichnet sie auch als Menschenaffen (S2, Abs. 9, Post). An der Lernstation „*Erforsche die Menschenaffen*“ hat sich Uwe mit den Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Menschenaffen beschäftigt. Uwe hat an der Lernstation unter anderem gelernt, dass alle Menschenaffen „*keinen Schwanz*“ haben (Beobachtungsprotokoll Lernstation 5). Während der Zwischenbesprechung behauptet ein Mitschüler, dass der Gorilla nicht wie ein Menschenaffe aussehe. Uwe hingegen betrachtet den Gorilla als einen Menschenaffen und antwortet auf die Äußerung seines Mitschülers mit den Worten: „*Ist er aber*“ (Beobachtungsprotokoll Zwischenbesprechung).

Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Menschen

Im Prä-Interview gibt Uwe zunächst an, dass er nicht wisse wie die Menschen entstanden seien (S2, Abs. 107, Prä), weist dann aber auf die Affenabstammung hin: „*Als allerstes gab es glaube ich Affen, dass dann affenbildlich und dann wie mehrere Menschen*

aussahen (...) dann werden die immer mehr Menschen (...) wo es ganz viele Affen gab [...] Dass die dann Kinder gekriegt haben und, dass die dann immer mehr wie Menschen aussehen“ (S2, Abs. 115, 121, Prä). Nach dem Unterricht stellt sich Uwe ebenfalls die Affenabstammung vor: „*Ich sage ja auch dazu, dass die Menschen vom Affen abstammen [...] Also ich stelle mir, dass die ersten Menschen so ganz viele Haare hatten [...] Und nichts anhatten*“ (S2, Abs. 117, 123, 125, Post). Neben der Vorstellung der Affenabstammung ist bei Uwe nach dem Unterricht allerdings auch die Fehlvorstellung identifizierbar, dass die Menschen *direkt* durch den Urknall entstanden seien:

> **I**: Und wie sind die ersten Menschen entstanden?
> **Uwe**: Ich glaube durch den Urknall.
> **I**: Durch den Urknall (...) und wie stellst du dir das vor?
> **Uwe**: Dass da auf einmal ein ganz lauter Knall und dann leben auf einmal Menschen.
> **I**: Dann waren die Menschen da?
> **Uwe**: Mhm (bejahend).
> **I**: Sofort?
> **Uwe**: Ja, auf einmal, so ganz kleine Menschen und dann wachsen die so Babys halt so. (S2, Abs. 90-97, Post)

Im Unterschied zur Affenabstammung wurde der Urknall an den Lernstationen und den verwendeten Evokids-Lernmaterialien nicht thematisiert. Es stellt sich daher die Frage, wie sich diese nachunterrichtliche Fehlvorstellung entwickeln konnte. Eine mögliche Erklärung stellen die Diskussionsgespräche zwischen den Kindern dar. Tatsächlich wird der Urknall von Peter und Ali während des Lernspiels „*Mach dich zum Affen*“ angesprochen. So erwähnte Peter: „*Manche sagen ja Gott hat die Erde erschaffen, der Urknall war das*“, worauf dann Ali antwortet: „*Also das heißt deine Ureltern sind explodiert oder was? Und dann waren die Eltern*“ (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Uwe hört dieser Diskussion zu und konstruiert daraus ganz offensichtlich dann die Fehlvorstellung, dass die Menschen *direkt* durch den Urknall entstanden seien.

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Veränderlichkeit

Im Prä-Interview äußert Uwe die Vorstellung, dass sich die Menschen von früher bis heute „*verändert*“ haben (S2, Abs. 93, Prä). Neben der Reduktion der Körperbehaarung steht für Uwe vor allem die Veränderung der „Hautfarbe“ im Vordergrund:

> „Die haben alle eine andere Hautfarbe gekriegt, Augenfarbe (...) und es gibt jetzt noch Anziehsachen und nicht nur so Fell. [...] Dunkel und dann sind die dunkler geworden, weil die öfters in der Sonne waren“ (S2, Abs. 95, 103, Prä).

Im Post-Interview hebt Uwe ebenfalls die Reduktion des Fells und die Veränderungen der „Hautfarbe“ hervor, wobei er die Vielfalt bei den *heutigen* Menschen berücksichtig

> „Ja, die haben weniger Fell gekriegt. [...] Und haben eine andere Hautfarbe gekriegt, alle. [...] Früher hatten die meisten Menschen dieselbe Hautfarbe, nämlich alle braun [...] [I: Und heute?] Nicht. Heute hast zum Beispiel hellere als ich“ (S2, Abs. 77-83, Post).

Neben diesen biologischen Veränderungen, deutet Uwe auch kulturelle Veränderungen (die Herstellung von Dingen) an (S2, Abs. 84-87, Post).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Uwe insbesondere an der Lernstation „*Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher*“ mit den evolutionären Veränderungen der Menschenaffen. Aufmerksam schaut Uwe den Evokids-Film, der an der Lernstation gezeigt wird. Neben der Behaarung, bemerkt Uwe die längeren Arme bei den Vorfahren der Menschen: „*Die haben längere Arme bekommen*“ (Beobachtungsprotokoll Lernstation 3). Mit dem im Lehrfilm gezeigten „Zeit-Taxi“ reist Uwe bis zu den gemeinsamen Vorfahren zurück, von denen alle Menschenaffen und schließlich alle Trockennasenaffen abstammen. „*Der Allerletzte sah wie eine Katze aus*“, erwähnt Uwe dann bei der anschließenden Gruppenarbeit (Beobachtungsprotokoll Lernstation 3).

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen

Im Prä-Interview äußert sich Uwe sehr schwankend und unsicher in Bezug auf die Verwandtschaft der Menschenaffen. Zunächst verneint Uwe die Verwandtschaft zwischen Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans, *„weil die alle einen anderen Namen haben und alle anders aussehen“* (S2, Abs. 127, Prä). Dann erwägt Uwe die Verwandtschaft zwischen Orang-Utans und Schimpansen (weil die „*ähnlicher aussehen*“), schließt die Gorillas aber aus der Verwandtschaft aus (S2, Abs. 127-129, Prä). Zudem verneint Uwe im Prä-Interview zunächst auch die Verwandtschaft zwischen Menschen und den nicht-menschlichen Menschenaffen, äußert dann aber wiederum, dass die Menschen mit den Orang-Utans verwandt seien, „*weil der da [Orang-Utan] so aussieht wie ein Mensch*“ (S2, Abs. 136-143, Prä).

Nach dem Evolutionsunterricht äußert sich Uwe nicht mehr schwankend bezüglich der evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen. Er geht davon aus, dass die Menschenaffen miteinander verwandt sind (S2, Abs. 98-103, Post) und führt dies letztlich auf die Abstammung von dem gemeinsamen Vorfahren aller Affen zurück: „*Der erste*

Affe ist nämlich mit allen verwandt. [...] Dieser, der so aussieht wie eine Katze. [...] Da der letzten, den der gezeigt hat, in diesem Film" (S2, Abs. 103-107, Post). Er bezieht sich hier auf den Evokids-Lehrfilm, den er an der Lernstation „*Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher*" gesehenen hat (Beobachtungsprotokoll Lernstation 3). Auch die Menschen und sich selbst schließt Uwe in die Affenverwandtschaft mit ein (S2, Abs. 126-129, Post).

Vorstellungsentwicklung zum Stammbaumdenken und -lesen

Vor dem Evolutionsunterricht lässt sich bei Uwe keine Vorstellung zu den evolutionären Verwandtschaftsverhältnissen der Menschenaffen identifizieren (S2, Abs. 134-137, Prä). Während des Unterrichts wird Uwe an mehreren Lernstationen mit den Verwandtschaftsverhältnissen und dem Stammbaum der Menschenaffen konfrontiert. Auffallend ist, dass sich Uwe bei der Gruppenarbeit zurückhält, viel beobachtet und sich auch bei der anschließenden Besprechung des Menschenaffen-Stammbaums (im Plenum) nicht beteiligt (Beobachtungsprotokoll Lernstation 4 und Zwischenbesprechung).

Beim Übungsspiel „*Mach dich zum Affen*" ist Uwe aktiver. Uwe hört beim Spielen wiederholt die Vorstellung zur nahen Verwandtschaft der Menschen und Schimpansen und äußert sie auch selbst (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Das enge evolutionäre Verwandtschaftsverhältnis zwischen Menschen und Schimpansen kann Uwe dann auch im Post-Interview richtig angeben, *wobei er im Stammbaum auf den kurzen Weg zum gemeinsamen Vorfahren verweist:*

> „Weil die den kürzesten Weg haben zueinander (zeigt auf der Stammbaum-Karte 1 auf die Stammeslinien der Schimpansen und Menschen). [...] Die treffen sich hier (zeigt auf den letzten gemeinsamen Vorfahren von Schimpansen und Menschen) [...] Da haben sich die Schimpansen und Menschen getroffen" (S2, Abs. 143-147, Post).

Außerdem gibt Uwe im Post-Interview als entfernteste Verwandte der Schimpansen richtigerweise die Orang-Utans an:

> „Weil der den längsten Weg hat (geht auf der Stammbaum-Karte mit dem Finger die Stammeslinie des Orang-Utans bis zum gemeinsamen Vorfahren aller Menschenaffen entlang). [...] Da unten haben sich alle zusammengetroffen" (S2. Abs. 153-155, Post).

Unsicher ist sich Uwe bei den nächsten Verwandten der Gorillas. Er nennt zunächst fehlerhaft die Orang-Utans, korrigiert sich dann aber und gibt schließlich richtig die

Menschen „*mit den Schimpansen"* an (S2, Abs. 166-169, Post):

> „Weil die beiden (zeigt im Stammbaum auf die Menschen und Schimpansen) haben den kürzesten Weg als der hier, kürzer als der (zeigt im Stammbaum auf die Orang-Utans)[...] Die Menschen (zeigt auf der Stammbaum-Karte den Weg von den heutigen Menschen zum gemeinsamen Vorfahren der Menschen, Schimpansen und Gorillas) [...] und die Schimpansen, weil die Schimpansen haben den gleichen Weg (zeigt auf der Stammbaum-Karte den Weg von den heutigen Schimpansen zum gemeinsamen Vorfahren der Menschen, Schimpansen und Gorillas)" (S2, Abs. 171-179, Post).

Neben diesen fachlich angemessenen Äußerungen von Uwe, lassen sich bei Uwe auch Schwierigkeiten beim Stammbaumlesen und -interpretieren diagnostizieren (S2, Abs. 184- 219, Post). So geht Uwe im Post-Interview davon aus, dass sich die Verwandtschaft zwischen den Menschenaffen verändert, wenn man die Zweige des Stammbaums um die Verzweigungspunkte dreht. In Bezug auf den „gedrehten" Stammbaum (mit der identischen phylogenetischen Aussage) äußert Uwe, dass die Orang-Utans die nächsten Verwandten der Gorillas sind. Er misst diesbezüglich fehlerhafterweise den Abstand zwischen zwei Gabelungspunkten, nämlich den Abstand zwischen dem letzten gemeinsamen Vorfahren aller Menschenaffen und dem letzten gemeinsamen Vorfahren der Gorillas, Schimpansen und Menschen (S2, Abs. 202-207, Post).

Vorstellungsentwicklung zur Variation

Uwe wählt die Schimpansen-Bildkarten *vor* und *nach* dem Unterricht variativ aus (S2, Abs. 40-43; Prä; Abs. 30-35, Post.). Die ausgewählten, unterschiedlich aussehenden Schimpansen werden von ihm auch als Schimpansen angesehen. Im Prä-Interview stellt Uwe fest: „*Sind halt auch Schimpansen nur von einer anderen Sorte*" (S2, Abs. 49, Prä). Die Schimpansen-Varianten (Sorten) sehen seiner Vorstellung nach unterschiedlich aus, weil es sich nicht um „*Brüder*" handelt und möglicherweise „*woanders leben*" (S2, Abs. 51, 55, Prä).

Auch nach dem Evolutionsunterricht geht Uwe von variierenden Schimpansen in einer Schimpansen-Population aus. Er erklärt sich das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen mit den unterschiedlichen Eltern der Schimpansen-Varianten: „*Weil die vielleicht von einer anderen Mutter kommen*" (S2, Abs. 41, Post). Während der Gruppenarbeit an den Lernstationen „*Wir sind alle verschieden*" und „*Jedes Affengesicht ist anders*" verhält sich Uwe überwiegend beobachtend und passiv (Beobachtungsprotokoll Lernstation 1 und 2)

7.2.3.4 Einzelfallanalyse der Vorstellungsentwicklung von Peter

Peter ist 9 Jahre alt und geht in die 3. Klasse. Er ist ein ruhiger und leistungsstarker Mitschüler. Er ist freundlich und kann sehr gut mit anderen Kindern zusammenarbeiten. Die Lehrkraft bezeichnet ist ihn als „guten Teamplayer", der sehr beliebt bei seinen Mitschülern ist.

Benennung der Menschenaffen vor, während und nach dem Unterricht

Peter erkennt und benennt *alle* Menschenaffen *vor* und *nach* dem Unterricht fachlich korrekt (S3, Abs. 4-7, Prä; Abs. 2-5, Post). Während des Unterrichts ist Peter von seinem Vorwissen und Interesse am Thema angetrieben. Gleich nachdem die Lehrkraft im einführenden Plenumsgespräch die Folie mit den Menschenaffen-Fotos präsentiert, erkennt und benennt Peter die Menschenaffen richtig (Beobachtungsprotokoll Plenum).

Begriffsverwendung – Menschenaffen

Sowohl *vor* als auch *nach* dem Unterricht bezeichnet Peter die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans als Menschenaffen (S3, Abs. 2-3, Prä; Abs. 2-7, Post). Im Unterricht wird der Menschenaffen-Begriff zunächst von Leon und dann auch von Peter aufgegriffen:

> **Lehrkraft**: Was denkt ihr denn, welche Tiere sind uns denn am ähnlichsten? Peter
> **Peter**: Affen.
> **Lehrkraft**: Affen? Was sagst du, Leon?
> **Leon**: Menschenaffen
> **Lehrkraft**: Menschenaffen?
> **Peter**: Ja, Menschenaffen.
>
> (Beobachtungsprotokoll Plenum)

Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Menschen

Peter verfügt bereits vor und dem Unterricht über die Vorstellung der Affenabstammung. Konkret äußert Peter vor dem Unterricht, dass die Menschen „*aus den Menschenaffen*" entstanden sind (S3, Abs. 93-96, Prä). Wie die Vorfahren des Menschen genau aussahen, kann sich Peter nicht vorstellen (S3, Abs. 101-104, Prä). Nach dem Evolutionsunterricht äußert Peter ebenfalls die Affenabstammung (S3, Abs. 80-93, Post), hebt im Vergleich zum Prä-Interview aber noch hervor, dass sich die Menschwerdung „*im Laufe von Millionen Jahren*" vollzog (S3, Abs. 82-83, Post). Die zeitliche Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Menschen ist höchstwahrscheinlich auf die Zeitreise mit dem „Zeit-Taxi" (Evokids-Film) zurückzuführen. Mit dem „Zeit-Taxi" reiste Peter im Unterricht zurück zu den Vorfahren *Homo erectus, Australopithecus* und zu den gemeinsamen

Vorfahren aller heutigen Menschenaffen. Im anschließenden Lerngruppengespräch äußert Peter dann, dass *Australopithecus* „*nach diesen Katzen*“ (gemeinsame Vorfahre der Trockennasenaffen) kamen. Peter ordnet die Vorfahren *relativ* zueinander richtig ein. Lernschwierigkeiten treten dagegen in Bezug auf die angegeben *absoluten* Zeitangaben der Früh- und Vormenschen auf. Peter gibt zunächst unspezifisch an, dass die Vorfahren der Menschen vor „*7 Millionen Jahren*“ lebten, überschätzt den Zeitraum der Frühgeschichte der Menschen dann aber um ein gutes Stück, wenn er *Australopithecus* zeitlich vor 11 Millionen Jahren und *Homo erectus* vor 7 Millionen Jahren verortet (Beobachtungsprotokoll Lernstation 4).

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Veränderlichkeit

Im Prä-Interview beschränkt Peter die Veränderungen während der Humanevolution auf die Reduktion der Körperbehaarung und das Größerwerden der Menschen (S3, Abs. 81-92, Prä). „*Die haben langsam Fell bekommen*“, hebt Peter auch im Unterricht im Hinblick auf die Vorfahren der Menschen hervor (Beobachtungsprotokoll Lernstation 3).

Nach dem Evolutionsunterricht betrachtet Peter die ersten Menschen als sehr affenähnlich: „*Zuerst waren sie wie Affen und dann verschwand nach und nach das Fell und die Menschen wurden auch größer und ihr Gesicht veränderte sich auch*“ (S3, Abs. 67, Post). Darüber hinaus nennt Peter die afrikanischen „*Steppen*“ als Lebensraum der ersten Menschen und verbindet mit den allmählichen körperlichen Veränderungen offenbar auch Veränderungen des Lebensraums (S3, Abs. 73-77, Post).

Vorstellungsentwicklung zur evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen

Peter antwortet im Prä-Interview auf die Frage, ob die Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans miteinander verwandt sind, nur zögerlich mit einem „*Ja*“ (S3, Abs. 108, Prä). Seine Antwort begründet er mit der Ähnlichkeit der Menschenaffen: „*Schau, also der`s Gesicht (zeigt auf den Schimpansen) sieht so aus hier wie beim Orang-Utan (zeigt dann auf den Orang-Utan). Darum. Der (zeigt auf den Orang-Utan) hat so eine Körpermasse wie der Gorilla so (zeigt auf den Gorilla)*“ (S3, Abs. 108, Prä). Auch in Bezug auf die Menschen antwortet Peter eher zögerlich und schwankend. Zwar geht Peter davon aus, dass die Menschen mit den Menschenaffen verwandt sind, äußert sich aber nur sehr unsicher in Bezug auf die Frage, ob auch er selbst mit den Menschenaffen verwandt ist (S3, Abs. 117-118; 135-140, Prä). Er antwortet zunächst mit „*weiß ich nicht*“ und auf Nachfrage dann schließlich mit „*ich glaube, ja*“ (S3, Abs. 135-140, Prä).

Nach dem Unterricht geht Peter eindeutig von der evolutionären Verwandtschaft der Menschenaffen aus und spricht in diesem Zusammenhang sofort den evolutionären Stammbaum an (S3, Abs. 100-103, Post). Dementsprechend bestätigt Peter auch die Verwandtschaft zwischen den Menschen und den anderen Menschenaffen (S3, Abs. 110-111, Post). Auf die Frage, ob Peter *persönlich* mit den Menschenaffen verwandt ist, antwortet er allerdings immer noch mit einer gewissen Unsicherheit: „*Ich glaube schon, ich weiß es aber nicht fest*" (S3, Abs. 113, Post). Die Frage, ob die Menschen (und er persönlich) zu den „Affen" gehört, beschäftigt Peter auch während des Unterrichts sehr. So stellt Peter auf die Äußerung von Leon, der die Menschen zu den Menschenaffen zählte, zweifelnd die Frage: *„ Und der Mensch gehört zu den Affen (zweifelnd)? [...] Wenn das stimmt"* (Beobachtungsprotokoll Plenum).

Vorstellungsentwicklung zum Stammbaumdenken und -lesen

Vor dem Evolutionsunterricht stellt sich Peter vor, dass die gegenwärtig lebenden (rezenten) Menschenaffen voneinander abstammen:

> „Also ich glaube, von den Schimpansen hat das alles angefangen (zeigt auf den Schimpansen) und dann haben die (zeigt auf den Orang-Utan) und dann gab es eigentlich die Gorillas (zeigt auf den Gorilla) [...] [Mensch] kam (...) nach dem da (zeigt auf den Schimpansen), aus dem Schimpansen [...] weil Schimpansen ähnlich sind wie die Menschen. [...] naja wie zum Beispiel bei den Fingern. Die haben auch einen Daumen" (S3, Abs. 116-130, Prä).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Peter mit dem evolutionsbiologischen Konzept der gemeinsamen Vorfahren und dem Stammbaum der Menschenaffen. So bemerkt Peter an der Lernstation „*Die Menschenaffen-Familie*", dass der letzte gemeinsame Vorfahre der Schimpansen und Menschen vor ganz langer Zeit und der letzte gemeinsame Vorfahre aller Menschenaffen noch viel weiter in der Vergangenheit lebte. Peter zeigt im Stammbaum-Ringbuch auf den letzten gemeinsamen Vorfahren der Menschen, Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans und bemerkt: „*Vor ganz ganz ganz langer Zeit*" (Beobachtungsprotokoll Lernstation 4). Während der Gruppenarbeit an der Lernstation stellt sich Peter auch die interessante Frage, was eigentlich an den Verzweigungspunkten passierte („*Hier haben die WAS gemacht?"*) (Beobachtungsprotokoll Lernstation 4). Der Stammbaum der Menschenaffen wird im Klassengespräch ausführlich besprochen, wobei die Lehrkraft den Bezug zur familiären Abstammung (Eltern, Großeltern usw.) hergestellt und das Konzept des gemeinsamen Vorfahrens anhand des Menschenaffen-Stammbaums erläutert (Beobachtungsprotokoll Zwischengespräch). Während des Übungsspiels „*Mach*

dich zum Affen“ wiederholt Peter das Konzept des letzten gemeinsamen Vorfahrens und die Verwandtschaftsverhältnisse der Menschenaffen. Anfangs hat Peter dabei noch Schwierigkeiten. So antwortet Peter auf die Frage, ob die Menschen von den Schimpansen abstammen (Aktionskarte) zögerlich mit „*Ja [...] weil das alles sind ja hier Menschenaffen*“ korrigiert sich dann aber und stellt die „Gleichzeitigkeit“ der rezenten Verwandten fest: „*Weil der Schimpanse, ich glaube zur gleichen Zeit wie der Mensch kam“*. Während des Lernspiels trainiert Peter sein Stammbaumdenken (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Nach dem Evolutionsunterricht bringt Peter die heute lebenden Verwandten nicht mehr in eine evolutionäre Abfolge. Im Gegenteil, Peter zeichnet den gelernten Stammbaum der Menschenaffen-Familie ohne Hilfe korrekt auf ein leeres Blatt Papier (Abbildung 34).

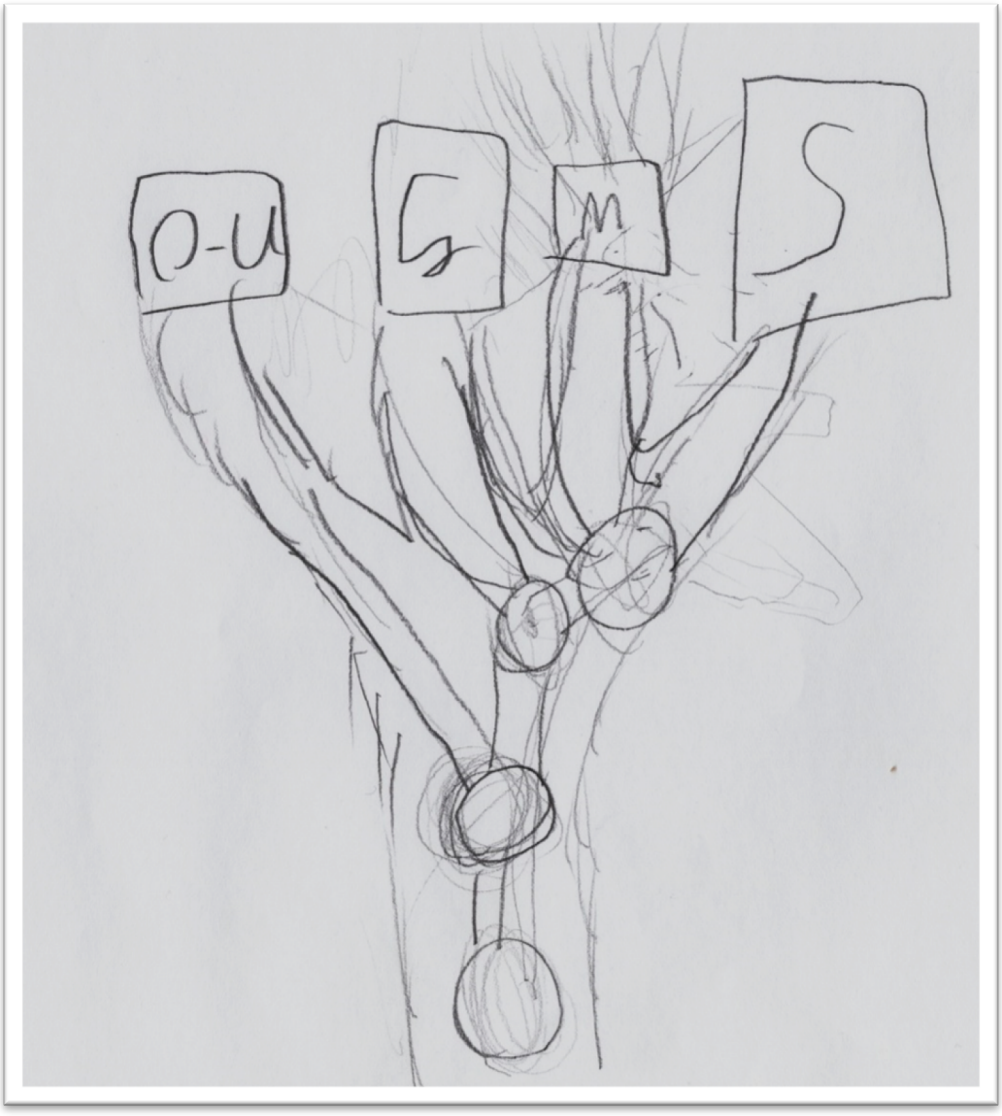


Abbildung 34: Der von Peter im Post-Interview gezeichnete Menschenaffen-Stammbaum. O-U: Orang-Utans; G: Gorillas; S: Schimpansen; M: Menschen.

Peter kommentiert seine Zeichnung wie folgt:

> „Hier hat alles begonnen (zeigt im gezeichneten Stammbaum auf den gemeinsamen Vorfahren aller Menschenaffen), hier die mittlere Zeit (ergänzt die Zeichnung). Hier geht schon der Weg nach dort (zeigt auf die Orang-Utan-Stammeslinie). Hier bei dem hier, Gorilla hier, da, da, da. Und Mensch und der Schimpanse, die haben am meisten gemeinsam“ (S3, Abs. 131, Post).

Nach dem Unterricht verfügt Peter über eine gute Stammbaumlesekompetenz. Peter äußert unter anderem, dass die Schimpansen und Menschen einen „*gemeinsamen Vorfahren*“ haben, wobei er auf den richtigen Verzweigungspunkt im Stammbaum zeigt (S3, Abs. 157-161, Post). Auch bemerkt Peter, dass die Menschenaffen in zwei unterschiedlich „gedrehten“ Stammbaumvorlagen „*genauso*“ miteinander verwandt sind (S3. 172-181, Post). Ohne Schwierigkeiten zeigt Peter in den beiden Stammbaum-vorlagen auf den letzten gemeinsamen Vorfahren der Schimpansen, Menschen und Gorillas (S3, 212-217, Post). Und als entferntesten Verwandten der Schimpansen nennt Peter die Orang-Utans und begründet dies mit dem „*langen Weg*“ zum letzten gemeinsamen Vorfahren (S3, Abs. 202-209, Post).

Vorstellungsentwicklung zur Variation

Vor dem Unterricht wählt Peter drei verschieden aussehende Schimpansen aus (S3, Abs. 53-58, Prä) und gibt als Erklärung an, dass er die Schimpansen „*einfach so*“ ausgewählt habe (S3, Abs., 60, Prä). In Bezug auf die Frage, ob sich Peter die Schimpansen gleich vorstellt, antwortet Peter unsicher und schwankend zunächst mit „*Ja [...] Ich glaube schon*“ und dann wiederum zögernd mit „*Nein*“ (S3, Abs. 63-70, Prä). Schimpansen können „*anders im Gesicht sein*“ und „*kürzere Haare*“ haben, fügt Peter schließlich hinzu (S3, Abs. 74, 78, Prä).

Während des Unterrichts beschäftigt sich Peter mit der Variation innerhalb von Populationen. An der Lernstation „*Wir sind alle verschieden*“ setzt sich Peter mit seiner Einzigartigkeit und der seiner Mitschüler auseinander (Beobachtungsprotokoll Lern-station 1). An der Lernstation „*Jedes Affengesicht ist anders“* ordnet Peter zusammen mit Nora die auf den Fotos abgebildeten und variierenden Menschenaffengesichter (Beobachtungsprotokoll Lernstation 2). Beim Spiel „*Mach dich zum Affen*“ übt Peter das angebahnte Variationsdenken ein. In Bezug auf die Schimpansen-Memory-Karten („dunkle“ und „helle“ Variante) macht sich das aufbauende Variationsdenken von Peter bemerkbar. Er betont das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen: „*Weil jeder anders ist*

[...] meiner Meinung nach sehen die nicht immer gleich aus“ (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Lernhürden treten bei auftauchenden Varianten auf, die sehr vom typischen „Idealbild“ einer Art abweichen. Sehr erstaunt ist Peter zum Beispiel über einen Gorilla mit weißem Fell (Mutant), der auf einer Aktionskarte des Spiels „*Mach dich zum Affen*“ abgebildet ist: „*Hä? [...] Was? [...] weiße Gorillas [...] Ich weiß es nicht [...] Weil die ganzen Gorillas, die ich kenne, sind schwarz“* (Beobachtungsprotokoll Lernspiel). Die Bedeutung von Mutationen und genetischen Rekombinationen für die Variation ist Peter natürlich noch gänzlich unbekannt.

Im Post-Interview wählt Peter die Schimpansen-Bildkarten variativ aus und geht von einer Variation innerhalb der Schimpansen-Population aus (S3, Abs. 46-65, Post). Peter bezieht sich auf die Variation bei den Menschen, um das Unterschiedlich-Sein der Schimpansen zu verdeutlichen: „*Also alle Menschen sind ja auch nicht gleich und so. Und das auch. Und das ist auch so bei Affen*“ (S3, Abs. 59, Post).

7.2.4 Zusammenfassung und didaktische Konsequenzen

Das Hauptziel der hier vorgestellten Untersuchung der Vorstellungsentwicklung war es, zu eruieren, ob und inwiefern Kinder im Grundschulalter in der Lage sind, Grundkompetenzen zu evolutionsbiologischen Inhalten in einer Unterrichtseinheit zur Menschenaffen-Familie zu erwerben. Obwohl die Vorstellungsentwicklungen sehr individuell sind und sich in der Stichprobe auch nach dem Unterricht noch lückenhafte Vorstellungen und fachliche Fehlverständnisse identifizieren lassen, zeigen die Ergebnisse insgesamt eine Entwicklung des Verständnisses hin zu wissenschaftsorientierteren Vorstellungen.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus dem ersten Forschungsteil zeigt die Untersuchung, dass die Grundschulkinder über Präkonzepte zur menschlichen Evolution verfügen, die für das Lernen genutzt werden können. Die Humanevolution stellte sich für Grundschulkinder als sehr zugänglich heraus. Alle befragten Kinder hatten bereits vor dem Unterricht Vorstellungen zur Affenabstammung. Nur sehr vereinzelt wurden in der Stichprobe religiöse Vorstellungen zur Entstehung der Menschen identifiziert, die sich zudem weder als konsistent noch als sehr stabil erwiesen. Wie der Vergleich der erhobenen Prä- und Postkonzepte der Grundschülerin Nora zeigen, konnte durch die Beschäftigung mit der Humanevolution die Umstrukturierung von kreationistischen

Teilvorstellungen angestoßen werden. Die Vermittlung der Humanevolution berührt das Selbstverständnis der Grundschulkinder und kann dazu beitragen, religiöse Mythen zur Entstehung der Menschen besser eizuordnen, mit denen Schülerinnen und Schüler im Religionsunterricht und außerhalb der Schule konfrontiert werden.

Die in der Untersuchung feststellbare Vorstellungsentwicklung betrifft neben den spezifischen Kenntnissen zu den Menschenaffen besonders das Verständnis der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft der Menschenaffen. Die Vorstellung einer linearen zielgerichteten Humanevolution – bei der die Menschen von rezenten Menschenaffen abstammen – konnte in eine evolutionäre Stammbaumvorstellung verändert werden, bei der die heutigen Menschenaffen inklusive des Menschen auf gemeinsame Vorfahren zurückgehen. Obgleich in Bezug auf das Stammbaumdenken bei mehreren befragten Kindern ein substanzieller Lernfortschritt feststellbar ist, zeigen sich hier auch die größten Lernhindernisse. Die Vorstellung einer geradlinigen zum Menschen führenden Evolution mit Gorillas und Schimpansen als Vorfahren wird von einigen Kindern auch nach dem Unterricht aktiviert, obwohl ihnen der Stammbaum der Menschenaffen-Familie bekannt ist und dieser mitunter sogar gut memoriert und interpretiert werden kann (siehe Einzelfallanalyse Nora). Die ausgeprägte Neigung auf teleologische und lineare Evolutionsvorstellungen zurückzugreifen, stellt eine Lernhürde dar, die in der Unterrichtsplanung und -durchführung zu berücksichtigen ist. Das Stammbaumdenken und -lesen ist keinesfalls als selbstverständlich vorauszusetzten, sondern sollte im Laufe der Schulzeit immer wieder geübt werden und idealerweise bereits im Grundschulalter beginnen. Auch sind Stammbaumdarstellungen didaktisch so aufzubereiten und zu verbessern, dass Fehldeutungen nicht befördert werden. Konkret ist die Darstellung der Evolution der Menschenaffen im Evokids-Lernvideo „*Big Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*“ korrekturbedürftig (Minute 9-10). Durch die Darstellungsweise kann der Eindruck entstehen, die Menschen wären biologisch „höher“ oder „weiterentwickelt“ als Schimpansen, Gorillas, Orang-Utans und Gibbons, was das evolutionsbiologische Lernen behindern kann. Dieses Problem sollte im Unterricht durch explizite Thematisierung didaktisch aufgefangen werden.

Neben der Anbahnung eines Stammbaumdenkens konnte durch die Unterrichtseinheit zur Menschenaffen-Familie ein Fundament für das Erlernen der Evolutionsmechanismen gelegt werden. Die Mehrheit der Kinder verfügt nach der Unterrichtseinheit über ein grundlegendes Verständnis von Variation. An die Vorstellungen zur Variation kann im

weiteren Evolutionsunterricht angeknüpft werden, um das Populationsdenken, anhand weiterer Beispiele, weiterzuentwickeln und schließlich mit der natürlichen Selektion zu verknüpfen. Das Verständnis der Variation ist aus evolutionsdidaktischer Sicht sehr bedeutsam, da es die Grundlage für den Aufbau elaborierter Vorstellungen zur Evolution und Genetik im Sekundarstufenunterricht bildet. Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, wird die Variation bei den Menschen und Schimpansen mehrheitlich erkannt, weshalb es didaktisch sinnvoll erscheint, das Variationsdenken am Beispiel der Menschenaffen einzuführen.

Die Ergebnisse der qualitativen Untersuchung deuten darauf hin, dass die eingesetzten Evokids-Lernangebote grundschulgemäß, lernanregend und herausfordernd sind. Der feststellbare Lernfortschritt ist nicht das Produkt einer passiven Vermittlung. Vielmehr lernten die Grundschulkinder überwiegend aktiv, handlungsorientiert und spielerisch. Der Evolutionsunterricht machte den meisten Kindern sichtlich Spaß, was für ein motiviertes Lernen spricht. Als kritischer Punkt beim Umgang mit den Unterrichts-materialien ist die wenig ausgeprägte Fähigkeit zum kooperativen Lernen zu nennen. Kooperatives Lernen ist ein komplexer Prozess, der soziale Kompetenzen voraussetzt. Lernschwierigkeiten traten bei einigen Kindern auf, die erst seit kurzer Zeit in der Klasse waren und die an kooperatives Lernen nicht gewöhnt waren (siehe Einzelfallanalyse Ali). Bei leistungsschwächeren Kindern ist eine intensivere Lernunterstützung durch die Lehrkraft notwendig.

8 Diskussion

Ziel des ersten Teils der Forschungsarbeit war, die Vorstellungen von Grundschulkindern der 3. und 4. Klasse zur Evolution im Allgemeinen und zur Humanevolution im Speziellen empirisch-qualitativ zu explorieren. Im Rahmen der Forschungsarbeit gelang es, ein Kategoriensystem zu entwickeln, dessen Anwendung aufzeigt, dass Grundschulkinder mit sehr heterogenen Vorstellungen zur Evolution der Lebewesen in den Unterricht kommen, wobei sich grundsätzlich vier polythetische Typen unterscheiden lassen, wenn auf die Kindervorstellungen zur Entstehung der frühesten Lebewesen und der ersten Menschen fokussiert wird. Auf der Basis der erhobenen Kindervorstellungen konnten im Rahmen der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al. 1997) Ansatzpunkten und Evokids-Lernangebote für eine schülerorientierte Vermittlung der Evolution im Sachunterricht entwickelt werden. Die didaktisch strukturierten Evokids-Lernangebote wurden im zweiten Teil der Forschungsarbeit in der Schulpraxis eingesetzt. Es gelang dabei, Vorstellungsentwicklungsprozesse von Grundschulkindern, die mit Evokids-Lernmaterialien unterrichtet wurden, qualitativ zu erfassen.

Im Folgenden werden die zentralen Resultate der vorliegenden Arbeit mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen verglichen und diskutiert. Dabei ist zu beachten, dass sich die Kontexte, Materialien und Methoden der Forschungsarbeiten (Frageformulierungen, Antwortmöglichkeiten, Unterrichtsmaterialien, Befragungsgruppen) teilweise deutlich unterscheiden. Dennoch kann ein vergleichender Blick aufschlussreich und hilfreich sein, um die Ergebnisse der Forschungsarbeit besser einordnen zu können.

Die erhobenen Evolutions- und Schöpfungsvorstellungen im internationalen Vergleich – ein Blick auf ihre Entstehung

Bezüglich der Vorstellungen zu Entstehung und Entwicklung der Lebewesen verfügte die Mehrheit der befragten Grundschulkinder der vorliegenden Untersuchung über evolutionäre Entstehungs- und Veränderungsvorstellungen, die keinen Bezug zu einem Schöpfer bzw. Designer erkennen lassen (Evolutions-Typ). Nur ein kleiner Anteil der Probanden verfügte über konsistente Schöpfungsvorstellungen. Dieses Ergebnis weicht sehr deutlich von den US-amerikanischen Kinderbefragungen ab, die einen sehr hohen Anteil von exklusiv „kreationistischen“ Vorstellungen bei Kindern zwischen 8-10 Jahren ermittelten (Evans 2000; Evans 2001). Demgegenüber steht der relativ geringe Anteil kreationistischer Vorstellungen bei den befragten hessischen Grundschulkindern im

Einklang mit den bisherigen Befragungen aus dem mitteleuropäischen Raum. Sowohl bei der Erhebung von Samarapungavan und Wiers (1997) in den Niederlanden als auch bei Werther (2016) in Deutschland kamen kreationistische Vorstellungen bzw. religiöse Denkfiguren nur selten vor. Auch die Präkonzepterhebung des zweiten Forschungsteils dieser Arbeit unterstreicht die Ergebnisse: Auch in dieser Stichprobe wurden kaum Schöpfungsvorstellungen diagnostiziert, dagegen häufig Evolutionsvorstellungen. Auch wenn die vorliegenden qualitativen Ergebnisse keinen statistisch repräsentativen Anspruch erheben können, weisen die derzeitigen empirischen Befunde zusammengenommen doch deutlich darauf hin, dass kreationistische Vorstellungen bei Kindern (8-10 Jahre) in Deutschland viel weniger ausgeprägt sind als im US-amerikanischen Raum (Högg-Birg 2011).

Zusammengenommen sind die bisherigen Ergebnisse aus den verschiedenen Ländern und kulturellen Hintergründen nicht mit einem universell gültigen Vorstellungsentwicklungsmuster bei Grundschulkindern in Einklang zu bringen. Damit wird auch die Annahme relativiert, dass Grundschulkinder im Alter von 8-10 Jahren einer quasi unüberwindbaren kognitiven Barriere ausgesetzt sind, die sie am evolutionären Denken hindert. Die vorhandenen Ergebnisse sprechen insgesamt für eine weitaus *flexiblere* und *kontextabhängigere* Vorstellungsentwicklung als bisher angenommen. Das bedeutet nicht, dass bei deutschen Grundschulkindern kein essentialistisches, teleologisches und intentionales Denken feststellbar wäre (siehe weiter unten). Der kognitive Bias führt aber offenbar bei 8- bis 10-jährigen Kindern keinesfalls zwangsläufig zu einer Dominanz von Schöpfungsvorstellungen, was man nach den Untersuchungsergebnisse aus der USA erwarten hätte können (Evans 2000; Evans 2001; Kelemen & DiYanni 2005). Befragungen aus Italien zeigen, dass Kindervorstellungen selbst in einer Region deutlich voneinander abweichen können. Einerseits wurden in Italien überwiegend kreationistische Präkonzepte, andererseits aber auch mehrheitlich „keinerlei“ Präkonzepte festgestellt (Berti et al. 2010; Berti et al. 2017). Die Diskrepanzen der Ergebnisse der verschiedenen Studien ist nach Berti et al. 2017 mit der religiösen Belehrung erklärbar, die zwischen, aber und auch innerhalb der Länder stark schwanken kann. Die Ansicht, dass Grundschulkinder zu einem gewissen Zeitpunkt – unabhängig von ihrer religiösen Erziehung – einen Designer für die Erschaffung der Lebewesen annehmen, also „intuitive Theisten“ seien, findet durch die Befragungen aus Europa, also keine Bestätigung (Kelemen 2004).

Die Unterschiede zwischen den deutschen und den US-amerikanischen Präkonzepterhebungen deuten darauf hin, dass bei den Vorstellungsentwicklungsschritten, die zu den Schöpfungs- oder Evolutionsvorstellungen führen, nationale und regionale Einflüsse und soziokulturelle Kontextfaktoren eine gewichtige Rolle spielen. Um die Ergebnisse der Kinderbefragungen besser ins gesellschaftliche Meinungsbild einordnen zu können, bietet sich ein Blick auf US-amerikanischen und europäischen Bevölkerungsumfragen an. Wie Bevölkerungsumfragen im Jahr 2002 und 2005 zeigen, ist die Ablehnung der Evolution in der US-amerikanischen Gesellschaft allgemein verbreiteter als in Europa und in Japan, was mit einem stärker ausgeprägten christlichen Fundamentalismus und einem großen Einfluss konservativer Auffassungen auf die Politik in den Vereinten Staaten einhergeht (Mazur 2004; Miller et al. 2006). In der USA hielten 2005 nur 40% der Erwachsenen die Aussage „*Human beings, as we know them, developed from earlier species of animals*“ für richtig. Das einzige befragte Land, in dem eine geringere Akzeptanz bezüglich dieses zentralen Aspekts der Evolution festgestellt wurde, war die Türkei. Hingegen akzeptierten in Deutschland 2005 immerhin rund 70% der erwachsenen Befragten die Evolution (Miller et al. 2006). Nach einer Umfrage des Meinungsinstituts „forsa“, die 2005 für die „Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland“ (fowid) durchgeführt wurde, verfügten rund 61% aller Probanden und 87 % der befragten Konfessionslosen in Bezug auf die Entstehung und Entwicklung des Lebens über eine evolutionäre Auffassung (fowid 2005). Auch Beniermann (2019) fand in einer bevölkerungsrepräsentativen Stichprobe (bezogen auf ein vergleichbares Item), dass rund 63% der deutschen Bevölkerung eine naturalistisch-evolutionäre Ansicht haben. Lediglich 4,3% wählten die kreationistische Option, wonach die Lebewesen (wie es in der Bibel steht) direkt von Gott geschaffen worden seien (Beniermann 2019).

Neben dem religiösen Einfluss spielt bei der Vorstellungsentwicklung auch der Zugang zu evolutionsbiologischen Inhalten (u.a. diverse Medien, Naturerfahrungen, Schulunterricht, außerschulische Lernorte) eine bedeutende Rolle (Berti et al. 2010; Evans 2001; Werther 2016). Die qualitativen Einzelfallanalysen der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass die hessischen Grundschulkinder in vielfältiger Weise über Eltern, Peers und Medien mit evolutionsbiologischen Themen in Berührung kommen (vgl. auch Schilke 1999). Die Diskrepanz zwischen den US-amerikanischen und deutschen Befragungsergebnissen könnte auf einen veränderten Zugang zu evolutionsbiologischen Wissensangeboten bei den 8- bis 10-jährigen Kindern zurückzuführen sein. Hierbei ist neben den

soziokulturellen Rahmenbedingungen auch der zeitliche Kontext zu beachten. Die Ergebnisse der US-amerikanischen Kinderbefragungen liegen mittlerweile schon rund 20 Jahren zurück (Evans 2000, 2001). In den letzten Jahren ist in der Öffentlichkeit eine größere Aufmerksamkeit in Bezug auf evolutionsbiologische Themen zu verzeichnen. Insbesondere seit dem Darwin Jahr 2009 wurden in Deutschland zahlreiche Kinderbücher zur Evolution veröffentlicht (u.a. Gamlin 2011; Goes 2017; Hahnemann & Mayer 2009; Kruse 2013; Mebs & Lesch 2015; Pipe & Harth 2015; Radeva & Ochel 2019; Schmidt-Salomon 2009; Schmidt-Salomon & Kindler 2015; Schutten & Rieder 2014; Scott 2015; Spitzner 2014; Taddia & Luciano 2013). Diese und andere zahlreiche Medienangebote zur Evolution können die Präkonzepte der deutschen Grundschulkinder beeinflusst haben und auch zu einem Rückgang von kreationistischen Vorstellungen geführt haben. Wie der Vergleich von Kindervorstellungserhebungen zur Gestalt der Erde und Anziehungskraft zeigt, ist zwingend darauf zu achten, *in welche Zeit* die Befragungen fallen. Zur Gestalt der Erde und Anziehungskraft besitzen nämlich heute wesentlich mehr deutsche Grundschulkinder über wissenschaftsorientiere Vorstellungen als es frühere Befragungen zeigten (Sommer 2002). Sommer (2002) führt diese Diskrepanz darauf zurück, dass Kinder durch eine zunehmende Medialisierung bereits sehr früh mit einer Vielzahl an wissenschaftlichen Informationen in Berührung kommen. Auch Spägele (2008) stellt fest, dass deutsche Grundschulkinder in Bezug auf naturwissenschaftliche Phänomene heute kaum noch auf „magisch-animistische Vorstellungen“ zurückgreifen. „*Die Zeiten, in denen Märchen und Mythen die Basis für die Erklärung der Welt darstellten, scheinen immer mehr der Vergangenheit anzugehören*“ (Spägele 2008, S. 249). Zusammengenommen deuten die Forschungsergebnisse an, dass übernatürliche Erklärungen auf die Frage nach der Entstehung der Lebewesen mit den Prozessen der Säkularisierung und Modernisierung der Gesellschaft und einem breiteren Zugang zu naturwissenschaftlichen Inhalten an Bedeutung verlieren. Mit den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen konfrontiert, scheinen Kinder Gott als Schöpfer für immer weniger Naturphänomene und Artefakte heranziehen zu können. Schließlich gerät der Artifizialismus und damit auch der kindliche Schöpfungsglaube in eine Krise (Fetz et al. 2001, Höger 2018).

Nichtdestotrotz sind kreationistische Vorstellungen bei einigen der befragten Kinder dominant. Bei denjenigen Kindern, die einen Migrationshintergrund haben und regelmäßig durch einen außerschulischen Islamunterricht belehrt werden, treten – im Vergleich zu den anderen befragten Kindern – kreationistische und anti-evolutionäre

Vorstellungen deutlich hervor. Einige der Kinder sprechen in den Interviews direkt den „Koran“ als Quelle ihrer Vorstellungen an (z.B. „*also im Koran steht*“, B11, Abs. 37). Die Resultate verweisen auf die religiöse Erziehung, die die Vorstellungsentwicklung der Kinder zum Themenfeld Evolution beeinflußt. Umfangreiche quantitative Studien zeigen, dass die Akzeptanz der Evolution mit zunehmender Gläubigkeit abnimmt (Beniermann 2019). Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass es auch in Deutschland und ganz Europa nicht zu unterschätzende christlich und islamische Bewegungen von Kreationisten und Intelligent-Design-Vertretern gibt (u.a. Harun Yahya, Zeugen Jehovas, Wort & Wissen), die einseitige Analysen und Fehlvorstellungen über evolutionsbiologische Themen verbreiten und einen Einfluss auf die Vorstellungs- und Weltbildentwicklung von Schülerinneren und Schülern nehmen möchten (Blancke et al. 2014; Cornish-Bowden & Càrdenas 2007; Eder et al. 2018; Graebsch & Schiermeier 2006; Graf & Lammers 2011; Hameed 2015; Kutschera 2008; Solberg 2013). Dass bei Kindern aus bibeltreuen, christlich-konservativen Kreisen und bei Migrantenkindern aus islamisch geprägten Ländern, in denen die Ablehnung der Evolution sehr verbreitet ist (Hameed 2008), kreationistische Vorstellungen vorzufinden sind, überrascht daher wenig. Auch die quantitative Befragung (89 Viertklässler) von Poschadel & Rieß 2018 zeigt einen Zusammenhang zwischen religiöser Sozialisation und den Vorstellungen zum Themenfeld Evolution. Kinder aus bestimmten religiösen Gruppierungen (Religionsgemeinschaften mit wörtlichem und historischem Schriftverständnis) stimmen demnach der Evolutionsvorstellung signifikant weniger zu (Poschadel & Rieß 2018).

Aber auch der Religionsunterricht in der Grundschule, in dem die Schöpfungslehre und biblische Geschichten thematisiert werden, kann hinsichtlich der Vorstellungsentwicklung zur Entstehung der Lebewesen einen Einfluss haben. Eine Aussage einer befragten Grundschülerin auf die Frage nach der Entstehung der Lebewesen weißt auf diesen Einflussfaktor hin: „*Ich weiß jetzt genau nicht, aber unsere Lehrerin hat gesagt, dass Gott die Welt erschaffen hat, also von daher*. [...] *Also wir haben jetzt (...) Religion, also in Religion haben wir das gemacht und da geben wir auch immer eine Kerze rum und dann sagen wir halt solche Sprüche.* [...] *Gott die Welt erschaffen hat, ja. Das weiß ich zwar schon glaub ich seit der Zweiten oder seit der Ersten, aber ja*“ (B5, Abs. 33-37). Eine andere befragte Grundschülerin hebt hervor: „*Halt, das machen wir ganz oft in Reli, also wir stellen uns halt immer vor, dass Gott halt die erste Person erstellt hat*“ (B7, Abs. 19). Fragen zur Naturgeschichte werden von einigen Kindern mit früher vermittelten

Vorstellungen aus dem Religionsunterricht in Verbindung gebracht. Hier kommt es stark darauf an *wie* die jeweilige Religionslehrkraft das Thema der Schöpfung unterrichtet (Michalik 2012; Michalik 2011; Kalloch 2012; Koch 2014). Wird die evolutionsbiologische Perspektive in der Grundschule völlig ausgeklammert und religiöse Schrifttexte nicht entsprechend historisch-kritisch besprochen, kann das leicht zur Bildung von Fehlvorstellungen führen, die lernhinderliche Auswirkungen sowohl auf den Biologieunterricht als auch auf den Religionsunterricht haben können (nach persönlicher Auskunft mehrerer Religionslehrkräfte). Das wäre beispielsweise der Fall, wenn Adam und Eva als erste Menschen und der Garten Eden als Ursprungsort der Menschheit als eine *historische Tatsache* angenommen wird.

Aus den geführten Interviews wird deutlich, dass *nicht* alle befragten Grundschulkinder mit den Meinungen und Informationen zum Thema Schöpfung/Evolution, die über den Religionsunterricht, Kindersachbücher, Fernsehsendungen, Hörbüchern und bei Besuchen von außerschulischen Lernorten (Zoos, Museen) an sie herangetragen werden, in gleicher Weise umgehen. Nicht nur die in der Öffentlichkeit verbreiteten, konträren Vorstellungen zur Evolution und Schöpfung sind bei den Kindern vorzufinden (Evolutions-Typ & Schöpfungs-Typ). Einige Kinder konstruieren aus Erfahrungen und Erzählungen ihre ganz eigenen Hybridvorstellungen (Evans & Lane 2011), indem sie zum Beispiel Evolutions- und Schöpfungsvorstellungen miteinander verbinden (theistischer Evolutions-Typ). Der naturalistisch-evolutionäre Vorgang wird dabei als proximate und ein übernatürlicher Schöpfergott als ultimate Ursache angesehen (Legare et al. 2012). Andere Kinder wiederum schwanken zwischen Evolutions- und Schöpfungsgedanken hin und her und sind verunsichert durch die unterschiedlichen Sichtweisen, die an sie herangetragen werden (Schwankungs-Typ). Eine Koexistenz von Evolutions- und Schöpfungsvorstellungen wurden auch von Evans (2000), insbesondere in der älteren Probandengruppe (33%), und von Berti et al. (2010) *nach* dem Evolutionsunterricht festgestellt. Allerdings wurde nicht wie in der vorliegenden Arbeit in eine kohärente und inkohärente Form (theistischer Evolutions-Typ und Schwankungs-Typ) differenziert. Ein genauerer Vergleich ist daher nicht möglich. Die kindlichen Hybridvorstellungen sind allerdings keinswegs eine völlig neue Einsicht der evolutionsdidaktischen Forschung. Aus der Religionsdidaktik liegen ebenfalls Untersuchungen von Kindervorstellungen in Hinblick auf die Weltentstehung und Schöpfung vor. Übereinstimmend mit den hier vorliegenden Ergebnissen wurden sowohl „theistische“ und „naturalistische“ als auch

„hybride“ Weltbilder beschrieben (Eikermann 2012).

Die Mischvorstellungen können als Übergangsvorstellungen hin zu wissenschaftlichen bzw. religiösen Vorstellungen interpretiert werden. Sie könnten sich aber auch über längere Zeit relativ stabil halten. Schließlich lassen sich unsichere und theistische Evolutionsvorstellungen auch bei älteren Probanden wiederfinden (Beniermann 2019; Kampourakis & Strasser 2015). Zukünftig wäre es interessant, die Entwicklung der Kindervorstellungen in einer Längsschnittstudie qualitativ weiter zu verfolgen, um ein besseres Bild über die Stabilität und Dynamiken der Vorstellungen zu erhalten (Höger 2019). Die vorliegende Arbeit zeigt, dass bereits ein relativ kurzer Evolutionsunterricht bei Grundschulkindern zu einem *Conceptual Change* führen kann. Dabei ist zu beachten, dass kreationistische Vorstellungen nicht „ausradiert“ wurden, sondern anders bewertet und strukturiert weiter fortexistieren (siehe Einzelfallanalyse Nora).

Essentialistisches Denken und der Dinosaurier-Essentialismus – wie konsistent und stabil sind die Kindervorstellungen?

Abweichend von den Ergebnissen von Samarapungavan und Wiers (1997), die in den Niederlanden mehrheitlich *reine*, *konsistente* essentialistische Vorstellungen gefunden haben, zeigen die Befragungsergebnisse in der vorliegenden Forschungsarbeit kaum konsistente essentialistische Kindervorstellungen. Die Mehrheit der befragten hessischen Grundschulkinder ging *nicht* davon aus, dass es die heutigen Lebewesen schon immer gab und diese im Laufe der Erdgeschichte unverändert blieben. Betrachtet man die Ergebnisse zu den zwei Hauptkategorien »Ursprung der Lebewesen« und »Veränderungen im Verlauf der Erdgeschichte«, ist feststellbar, dass am häufigsten die Codes »naturalistisch-materialistische Entstehung der ersten Lebewesen + entwicklungsgeschichtliche Veränderungen« (12 der 17 interviewten Kinder) kombiniert auftraten. Die qualitativen Interview-Ergebnisse zeigen, dass mehrere Kindern Lebewesen gestaffelt nach ihrem erdgeschichtlichen Auftreten anordneten (zeitliches Ordnen der Figuren) und davon sprachen, dass sich die Lebewesen der Gegenwart aus andersartig aussehenden Lebewesen entwickelt haben. Vorstellungen einer Konstanz der Lebewesen (essentialistische Vorstellungen) sind zwar identifizierbar, können aber auch neben oder gemischt mit Vorstellungen zu entwicklungsgeschichtlichen Veränderungen auftreten (»Naturalistisch-materialistische Entstehung der ersten Lebewesen + Essentialismus + entwicklungsgeschichtliche Veränderungen«). Hier zeigt sich ganz besonders die Heterogenität und Flexibilität der Kindervorstellungen. Essentialistisches Denken kommt

bei einigen Kindern zum Vorschein, was sie aber nicht davon abhalten muss auch evolutionäre Vorstellung zu entwickeln.

In Bezug auf die Entstehung der Menschen aber ist essentialistisches Denken kaum ausgeprägt. Die Mehrheit der befragten Grundschulkinder stellt sich eine Abstammung der Menschen von den Affen vor. Das deckt sich nicht mit dem essentialistischen Denken, nach dem sich Affen – über kurz oder lang – ebenso wenig in die Spezies Mensch verändert dürften wie Kupfer in Gold (Dennett 1995). Dass die Mehrheit der Kinder die Entstehung der heutigen Menschen nicht mit einer Unveränderlichkeit der Arten verbindet, wird auch durch die Ergebnisse der Prä- und Postuntersuchung des zweiten Forschungsteils gestützt.

Freilich bedeutet das alles nicht, dass essentialistisches Denken nicht auch deutlich zu Tage treten kann, insbesondere, wenn die Denkweise einer unveränderbaren Art-Essenz durch eine fundamentalistisch-religiöse Erziehung verstärkt wird (Evans 2001). Die interviewten Kinder mit einer islamischen Religionszugehörigkeit, die von einer göttlichen Schöpfung der Lebewesen ausgehen (B9, B10, B11, B16), verfügen am deutlichsten über essentialistische Vorstellungen. Essentialistisches Denken ist allerdings auch bei diesen Kindern nicht immer *konsistent* ausgeprägt. So gibt eins der befragten Grundschulkinder (B16) einerseits an, dass Gott die Lebewesen erschaffen habe (z.B. Vögel, Bienen, Schmetterlinge) und die Lebewesen im Laufe der Zeit unverändert blieben (B16, Abs. 60-61). Andererseits hebt das gleiche Kind dann aber auch hervor, dass sich die früheren Wale von den heutigen Walen deutlich unterscheiden: „*Seine Vorfahren waren ja eigentlich keine Wassertiere, sondern Landtiere. Die haben eigentlich an Land gelebt und dann nach irgendwie eines Tages haben sich die Nasenlöcher auf den Rücken gewandert*“ (B16, Abs. 65). Und während das gleiche Kind von einer Konstanz der Menschen in der *Vergangenheit* spricht (B16, Abs. 316-317), kann es sich dennoch gut vorstellen, dass Menschen in der *Zukunft* sehr viel größer („*so drei Meter*“) werden könnten (B16, Abs. 371). Ein anderes Kind (B10), das dem Schöpfungs-Typ zugerechnet werden kann, geht ebenfalls von einer gewissen Veränderbarkeit und Dynamik aus, indem er das Aussterben von Lebewesen nennt. Die damit verbundenen großen Veränderungen erklärt er sich damit, dass Gott die Welt „*gewechselt*“ hat (B10, Abs. 183). Auch konnte bei dem gleichen Kind Vorstellungen zu Veränderungen während der Individualentwicklung diagnostiziert werden: „*Weil zum*

Beispiel der Baum in der Safari gibt Affenbrotbäume, die sind richtig lang und die können ja nicht essen, dann müssen wie sie richtig kleine Büsche suchen und das ist dann langweilig, aber, wenn die Giraffen so lange Hälse haben, dann können sie von oben und unten und so weiter gehen [...] Zum Beispiel eine normale Giraffe hat zum Beispiel ein sozusagen 5 Meter langen Hals, aber ein Neugeborenes hat zum Beispiel so 2,5 Meter einen Hals" (B10, Abs. 255-257). Solche Kindervorstellungen über ontogenetische Veränderungen können zu wichtigen evolutionären Vorläufervorstellungen gezählt werden. Auch wenn die phylo- und ontologischen Parallelen begrenzt sind, können im Unterricht Vorstellungen zu ontogenetischen Veränderungen genutzt werden, um das Konstanzdenken aufzubrechen und zu evolutionsbiologischen Vorstellungen hinzuführen (Evans et al. 2012; French et al. 2018; Herrmann et al. 2013; Kampourakis & Minelli 2014; Lehrer & Schauble 2012; Price 2012; Rosengren et al. 1991).

Die vorliegende Erhebung der Kindervorstellungen zur Evolution weicht nicht nur deutlich in Bezug auf den „reinen Essentialismus" ab (Samarapungavan und Wiers 1997). Auch die diagnostizierte Vorstellung, die Samarapungavan und Wiers (1997) als *Dinosaurier-Essentialismus* bezeichnen, lässt sich in den in geführten Interviews *so nicht* wiederfinden. In der vorliegen Untersuchung nimmt *eine* Grundschülerin (B8) zwar an, dass sich ein „Dino-Drache" – der ursprünglich aus einem extraterrestrischen Ur-Ei geschlüpft sein soll – zu einem Dinosaurier entwickelt habe, wobei die „Dino-Essenz" erhalten blieb. Die gleiche Grundschülerin stellt sich aber auch *tiefgreifende* entwicklungsgeschichtliche Veränderungen vor, was zum Beispiel durch ihre Äußerung deutlich wird, dass sich aus der „*Pflanze halt immer mehr ein Mensch entwickelt hat*" (B8, Abs. 79). Solche Äußerungen lassen *nicht* in den *konsistenten* Bezugsrahmen von Samarapungavan und Wiers (1997) einordnen. Abgesehen von der Befragung von Samarapungavan und Wiers (1997) finden sich bisher weder bei anderen Kinderbefragungen noch bei Befragungen älterer Personen Belege dafür, dass der „Dinosaurier-Essentialismus" weit verbreitet ist. Gegen eine tiefe kognitive Verankerung dieser Vorstellung spricht zudem, dass sich zu dieser Vorstellung keine Parallele in der Wissenschaftsgeschichte finden lässt. Auch Kattmann (2015) setzt sich mit der Vorstellung des „Dinosaurier-Essentialismus" kritisch auseinander, indem er schreibt: „*Ein solches Etikett erklärt nichts. Die Faszination der Lernenden für Dinosaurier ist psychologisch kaum hinreichend erklärt, rührt sicher nicht von essentialistischem Denken her (wie immer man es definiert). Dinosaurier sind häufig die einzigen*

Wirbeltiere, die junge Lernende in vielen Formen kennen, und daher gut geeignet, um eine Abstammung heutiger Lebewesen von ihnen anzunehmen“ (Kattmann 2015, S. 14). Insgesamt sprechen die Ergebnisse der Untersuchung dagegen, dass essentialistische Vorstellungen in Bezug auf naturgeschichtliche Aspekte grundsätzlich konsistent und stabil ausgeprägt sind. Essentialistische Vorstellungen und Vorstellungen zur Evolution können bei den Kindern durchaus unverbunden, nebeneinander koexistieren (Shtulman & Lombrozo 2016).

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass essentialistisches Denken in mancherlei Hinsicht auch genutzt werden kann, um wissenschaftliche Vorstellungen zur Deszendenztheorie (*common descent*) aufzubauen (Evans & Rosengren 2018; Evans et al. 2012). Mithilfe der Deszendenztheorie werden die evolutionär-konservierten Merkmale der Lebewesen (homologe Ähnlichkeiten) – die evolutionäre Kontinuität – erklärbar. Gerade die Betrachtung der Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Arten innerhalb einer Familie (z.B. Menschenaffen-Familie) kristallisiert sich als ein fruchtbarer Lernweg für den evolutionsbiologischen Anfangsunterricht heraus (Frejd 2018).

Die vorhandenen Vorstellungen zur Variation nutzen – Lernchancen einer frühen Vermittlung der Variation und Selektion

Selbst wenn Lernende nicht von einer Unveränderbarkeit der Lebewesen ausgehen, können sie über essentialistisches Denken verfügen, welches das Erlernen des Evolutionsmechanismus behindert. Zum Beispiel kann das der Fall sein, wenn Lernende von einer Evolution ausgehen bei der alle Individuen einer Art eine uniforme Transformation durchlaufen. Dabei wird die Variation innerhalb von Populationen ignoriert (Shtulman 2006; Shtulman & Schulz 2008).

Mithilfe der gesprächsanregenden Bildkartenaufgabe der vorliegenden Untersuchung konnte das Variationsverständnis bei Kindern qualitativ erhoben werden. Den Ergebnissen zufolge verfügen die meisten der befragten Grundschulkinder in Bezug auf die Schimpansen bereits über Vorstellungen zur Variation, auch wenn sie *auch* auf typologische Beschreibungen zurückgreifen. Wenn Kinder die Variation innerhalb der Schimpansen-Population vernachlässigen, nehmen sie eine gedankliche Vereinfachung vor und verallgemeinern die Merkmale der Schimpansen. Dies muss *nicht* mit einer Unkenntnis über die Variation an sich einhergehen. Kinder können die Schimpansen-

Bildkarten prototypisch auswählen, obwohl sie die „Typen“ nicht als real erachten. Der festgestellte Doppelcharakter aus Variationsdenken einerseits und typologischen Denken andererseits ist bei näherer Betrachtung nachvollziehbar: Einerseits erleichtert das Bilden von vereinfachten Kategorien (Typen) das Bestimmen und Unterscheiden verschiedener Lebewesen, was für das Überleben bedeutsam sein kann (z.B. „*so* sehen gefährliche Löwen aus und *so* harmlose Katzen“), andererseits ist den meisten Kindern aber auch die Einzigartigkeit von Individuen, insbesondere die Verschiedenheiten unter den Menschen, durch ihre Alltagserfahrungen durchaus bewusst (siehe unten). Die Kinder beziehen sich in den Interviews häufig auf Unterschiede bei den Menschen. In Bezug auf die Menschen wurde die Variationsvorstellung auch bei älteren Lernenden festgestellt (Brennecke 2015, Groß 2007; Nettle 2010).

Zusammen mit den Ergebnissen von Emmons & Kelemen (2015) stellen die vorliegenden Befragungsergebnisse die verbreitete Annahme in Frage, dass Lernende die Variation innerhalb von Arten nicht bewusst sei (Gregory 2009; Bishop & Anderson 1990; McGuigan & Russell 2015; Russell & McGuigan 2015a; Samarapungavan & Wiers 1997; Shtulman & Schulz 2008), was auch von Lehrkräften häufig als Verständnisproblem bei Schülerinnen und Schülern in Bezug auf die Evolution erachtet wird (Van Dijk & Kattmann 2000). Eine Erklärung für die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bietet der *Kontextansatz* von Emmons & Kelemen (2015), wonach Kontextfaktoren (u.a. die Bekanntheit der Lebewesen) beim Verständnis der Variation eine wichtige Rolle spielen können. Da sich Schimpansen und Menschen, auf die sich viele der Grundschulkinder in den Interviews beziehen, äußerlich sehr ähnlich sind, fällt es Kindern offenbar relativ leicht, das Variationsverständnis, was in Bezug auf die Menschen ausgeprägt ist, auf andere Menschenaffen, wie etwa die Schimpansen, zu übertragen (anthropomorphes Denken). Aber auch das verwendete *Merkmal* (das Gesicht), das sowohl bei der Diagnose der Vorstellungen als auch im Unterricht zur Vermittlung der Variation eingesetzt wurde, ist sehr wahrscheinlich für das Variationsdenken förderlich. Gerade menschliche Gesichter zeigen – im Vergleich zu anderen Körpermerkmalen – eine besonders hohe phänotypische Variation (Sheehan & Nachman 2014; Puts et al. 2012). Außerdem ist das Gesicht das auffälligste Merkmal bei der Unterscheidung von Menschen (Lacruz et al. 2019). Aus evolutionärer Sicht ist das Unterscheidenkönnen zwischen bekannten und unbekannten Individuen, also die Gesichtserkennung, überlebenswichtig und genetisch tief ins uns verankert (Polk et al. 2007; Sheehan & Nachman 2014). Die Annahme liegt

also sehr nahe, dass das Variationsdenken bei Kindern im Zusammenhang mit dem hier gewählten *Taxon* (bei den Menschenaffen und insbesondere bei den Menschen) und dem *Merkmal* (Gesicht) stärker ausgeprägt ist als bei anderen Lebewesen und Merkmalen. Menschliche Babys können sogar noch leicht zwischen einzelnen Affengesichtern unterscheiden (artfremde Gesichtserkennung). Allerdings verschwindet diese Fähigkeit (wie auch die Fähigkeit zwischen fremden Sprachlauten zu unterscheiden) im Laufe der Entwicklung. Schließlich findet bezüglich der Gesichtserkennung eine Spezialisierung auf die eigene Art statt (Pascalis et al. 2002). Nicht nur die Gesichter der Menschen, sondern die Gesichter der Primaten insgesamt, zeigen eine enorme Vielfalt (Santana et al. 2013). Der Variantenreichtum der Gesichter beeindruckt Kinder und kann sowohl für die Illustration der *innerartlichen* Variation als auch für die Vermittlung der Diversität innerhalb und zwischen den Menschenaffenarten und -gattungen für das Lernen genutzt werden (Variation innerhalb der Menschenaffen-Familie).

Der *lernförderliche Kontext* der Menschenaffen in Bezug auf das Variationsdenken wird auch durch den Lernfortschritt deutlich, der bei der vorliegenden qualitativen Untersuchung gezeigt wurde. Das Variationsdenken lässt sich im Primarbereich demnach nicht nur gut mit *fiktiven,* uns unbekannten Tieren (siehe Kelemen et al. 2014; Emmons & Kelemen 2015), sondern offensichtlich auch mit realen und durchaus bekannten Lebewesen – den Menschenaffen (inklusive uns Menschen selbst) – einführen und einüben. Das ist aus evolutionsdidaktischer Sicht auch dringend notwendig, da das Variations- und Populationsdenken das zentrale Schlüsselkonzept zu einem fachlich korrekten Evolutionsverständnis ist. Um mit Zabel (2004, S. 103) zu sprechen: „*Ein tragfähiges Selektionskonzept kann bei den Lernern sehr wahrscheinlich nur entstehen, wenn sie das typologische Denken zuvor aufgeben und stattdessen die Vorstellung einer heterogenen Population entwickeln*“. Durch das Ansprechen und Bewusstmachen der Variationsvorstellungen der Kinder am Beispiel der Menschenaffen kann also der erste Lernschritt gegangen werden, um eine erforderliche Basis für das Verständnis der Evolutionsmechanismen zu legen (McGuigan & Russell 2015; Russell & McGuigan 2015a).

Hervorzuheben ist, dass die vorhandenen Variationsvorstellungen der Kinder bei den Antworten auf die Frage, wie es zu den evolutionären Veränderungen gekommen ist, keine Rolle spielt. Die Vorstellungen zur Variation wurden von den Kindern, abgesehen von der Vorstellung der „inneren Entwicklungsvariation“ (Variation in der Ontogenese),

nicht mit den Vorstellungen zu den Mechanismen der Evolution in Verbindung gebracht. Generell wurde bei den interviewten Kindern keine wissenschaftliche Vorstellung zum Evolutionsmechanismus diagnostiziert. Das zu erwartende Ergebnis steht im Einklang mit den Ergebnissen von Evans (2000), Samarapungavan & Wiers (1997), Teetz (2011), Werther (2016) und Berti et al. (2010; 2017), die ebenfalls keine oder nur in einem äußerst geringen Maße „darwinsche" Erklärungen gefunden haben. Wenn die hier interviewten Kinder die Evolution erklärten, dann nannten sie überwiegend *natürliche* Ursachen, insbesondere „Umweltfaktoren" (Umweltveränderungen). Insgesamt betrachtet sind die erhobenen Vorstellungen zum Evolutionsmechanismus der vorliegenden Untersuchung aber sehr heterogen und häufig einzelfallartig (u.a. Hybridisierung, aktive Anpassung, Zellteilung), fragmentarisch und überwiegend überhaupt nicht vorhanden. Zwar können in den Erklärungen der Grundschulkinder zu den Mechanismen der Evolution – wie auch bei älteren Lernenden – essentialistische, teleologische und intentionale Vorstellungen stecken (Samarapungavan & Wiers 1997, Berti et al. 2010, Evans 2001, Werther 2016). Die hier durchgeführten Interwies zeigen aber auch, dass die bei älteren Lernenden häufig vorzufindenden Fehlvorstellungen (z.B. lamarckistische oder finalistische Vorstellungen) bei den befragten Kindern wenig stark ausgeprägt sind (Berti et al. 2010; Engel Clough & Wood-Robinson 1985; Fenner 2013; Ferrari & Chi 1998; Lammert 2012). Daraus ließe sich hypothetisieren, dass sich die Vorstellungen der Kinder noch leichter in eine wissenschaftlich korrekte Richtung entwickeln lassen als es bei den Lernenden der Sekundarstufe I und II der Fall ist.

Die erkennbaren Vorstellungen zur Variation (innere Faktoren) sind ebenso wie auch die diagnostizierten Vorstellungen zu den Umweltveränderungen (externe Faktoren) *anschlussfähig*. Sie können beide dafür genutzt werden, ein erstes Verständnis für die Mechanismen der Evolution zu eröffnen. Um diesbezüglich eine konzeptuelle Progression zu erreichen, ist es notwendig, dass die im Unterricht *bewusstgemachten* Variationsvorstellungen in einem darauffolgenden Lernschritt auch *angewandt* werden. Zum Beispiel kann der Evolutionsmechanismus aus „Variation und Selektion" mittels spielerischen Simulationsaktivitäten verdeutlicht werden (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Schmidt et al. 2017). So wird der Zusammenhang zur selektionsbedingten *Angepasstheit* der Lebewesen hergestellt. Tatsächlich zeigen mehrere aktuelle Untersuchungen, dass der evolutionäre Anpassungsmechanismus (natürliche Selektion) bereits bei Kindern im Grundschulalter erfolgreich unterrichtet werden kann (Buchan

2019; Campos & Sá-Pinto 2013; Emmons et al. 2017, Emmons et al. 2016; Frejd 2019a, Kelemen et al. 2014; Metz et al. 2019; Shtulman et al. 2016). Ein früher Evolutionsunterricht in der Grundschule kann daher nicht nur dafür geeignet sein, um die realhistorische „Tatsache" der Evolution zu unterrichten, sondern auch, um ein erstes Verständnis bezüglich der natürlichen Selektion anzubahnen, woran der weiterführende Sekundarstufenunterricht anknüpfen kann.

Die Evolution der Menschen – (k)ein Sonderfall!

„Du meine Güte! Wir sollen vom Affen abstammen? Wir wollen hoffen, dass das nicht stimmt. Aber wenn es wahr ist, dann wollen wir beten, dass es nicht bekannt wird!" (zitiert nach Leakey 1991; S. 50). Dies soll die Frau des Bischofs von Worcester zu Darwins Lebzeiten gesagt haben als sie von der Affenabstammung des Menschen hörte. Das Zitat verdeutlicht den emotionalen Widerstand, mit dem die Vorstellung der Affenabstammung des Menschen von Anfang an zu kämpfen hatte. Ein Höhepunkt der Auseinandersetzung stellt im *schulischen Kontext* der sogenannte „Affenprozess" (Scopes-Prozess) im Jahr 1925 dar. Der US-amerikanische Lehrer John Scobes wurde damals zu einer Geldstrafe verurteilt, weil er an einer öffentlichen Schule die Abstammung des Menschen von tierischen Vorfahren lehrte. Das im US-amerikanischen Bundesstaat Tennessee erlassende Gesetz (Butler Act) verbot nämlich speziell das Unterrichten der *Humanevolution* – jedoch nicht der Evolution an sich (Kutschera 2005). Ein kritischer Punkt hinsichtlich der Humanevolution (Affenabstammung) scheint nicht nur ein wörtlich verstandener Glaube an die biblische Schöpfungsgeschichte zu sein, sondern auch, dass Menschen generell nicht als „Tiere" betrachtet werden möchten. Besonders junge Kinder scheinen Schwierigkeiten mit letzterem zu haben. Nur sehr wenige Kinder unter 9 Jahren klassifizieren die Menschen als tierische Lebewesen (Carey 1985; Evans 2008).

Mehrere Untersuchungen deuten darauf hin, dass zwischen der Akzeptanz der *Humanevolution* und der Akzeptanz der *Evolution im Allgemeinen* ein Unterschied besteht, wobei die Evolution des Menschen eine größere Ablehnung erfährt als die Evolution anderer Lebewesen (Evans 2001; Evans 2008; Evans et al. 2005; Pobiner 2016; Werth 2009) – auch „*human reticence effect*" genannt (Ranney & Thanukos 2011). Exemplarisch dafür steht das folgende Statment eines Studenten aus dem Westen der Vereinigten Staaten, den Brem et al. (2003; S. 191) zitieren: „*I believe in God and the theory that he created mankind. At the same time i (sic) accept ideas of evolution and*

adaptation. It is somewhat contradictory to say that while plants & animals evolved humans did not. But I do not believe that the role of evolution to humans in the [one unreadable word] position that we evolved from primates." Die anthropozentrische Sichtweise wird auch in einer umfangreichen quantitativen Untersuchung aus Deutschland deutlich, insbesondere, wenn um die eigenen Persönlichkeit geht: „*Die evolutionäre Herkunft der eigenen Persönlichkeit wurde im Durchschnitt [...] in allen Probandengruppen und Stichproben weniger akzeptiert als Evolution im Allgemeinen*" (Beniermann 2019, S. 421), wie die Autorin eines ihrer zentralen Untersuchungsergebnisse bei Jugendlichen und Erwachsenen zusammenfasst.

Vor diesem Hintergrund könnte man erwarten, dass es den Grundschulkindern eher schwerer fällt, sich die Abstammung des Menschen von Affen vorzustellen und ihr tierisches Erbe zu akzeptieren. Tatsächlich äußerte aber die überwiegende Mehrheit der hier Befragten Vorstellungen zur Affenabstammung des Menschen. Nur vier der siebzehn interviewten Kinder der Hauptuntersuchung lehnten diese ab. Aus den vorliegenden empirischen Daten konnte auch kein „anthropozentrischer Schöpfungs-Typ" gebildet werden. Übereinstimmend mit dem aus der Hauptuntersuchung gewonnen Bild überwog bei den interviewten Schülerinnen und Schüler der zweiten Untersuchung ebenfalls deutlich die Vorstellung der Affenabstammung der Menschen – und das bereits *vor* dem Evolutionsunterricht.

Die Ergebnisse passen zu der Kinderbefragung von Berti et al. (2017), die in Italien ebenfalls keine spezielle Häufung kreationistischer Vorstellungen in Bezug auf die Entstehung der Menschen feststellte. Auch stehen die vorliegenden Ergebnisse im Einklang mit einer älteren Befragung von Schilke & Weißler (1999): Von 22 interviewten Kindern aus Deutschland im Alter von 8-10 Jahren waren 20 Kindern die Aussage zur Affenabstammung der Menschen bekannt. Die von Schilke & Weißler (1999) interviewten Kinder sprachen über die Abstammung der Menschen von Affen durchweg neutral bis positiv. Und wie Teetz (2011) bei einer quantitativ orientierten Untersuchung (Bachelorarbeit) zeigen konnte, wählten rund 65% der 106 befragten deutschen Grundschulkinder eine evolutionäre Antwort auf die Frage nach der Entstehung des Menschen aus („*Der Mensch hat sich aus Affen entwickelt*"). Auch Fenner (2013), die Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Jahrgangsstufe an deutschen Gymnasien und Gesamtschulen befragte, stellte grundsätzlich eine hohe Akzeptanz der Humanevolution fest.

Ebenso wie in der vorliegenden Interviewstudie stellten die befragten Kinder bei Schilke & Weißler (1999) sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten zwischen den Menschen und Affen heraus, u.a. das menschliche Aussehen, das Gesicht, Bewegungsweisen und die Intelligenz der Affen. Die unterrichtliche Thematisierung der großen *Ähnlichkeiten* zwischen den Menschen und den anderen Menschenaffen kann genutzt werden, um Hemmnisse gegenüber der Humanevolution abzubauen (Ranney & Thanukos 2011). Gerade vor dem Hintergrund der Ergebnisse von Beniermann (2019) zur geringeren Akzeptanz der Evolution des menschlichen Geistes ist bemerkenswert, dass einige Kinder in den geführten Interviews gerade die geistigen Fähigkeiten (als Ähnlichkeit zwischen Menschen und Affen) betonen. Immerhin hoben sechs der 17 Kinder der vorliegenden Untersuchung die *Ähnlichkeiten* bei den geistigen Fähigkeiten hervor. Weniger dagegen (fünf Kinder) verwiesen auf Unterschiede in den kognitiven Fähigkeiten. Unterrichtlich bietet sich eine evolutionär-vergleichende Betrachtung der Gehirnschädel von rezenten und ausgestorbenen Menschenaffen an, um die Evolution des menschlichen Gehirns (in dem das Bewusstsein entsteht) zu verdeutlichen. Eine solche evolutionär-vergleichende Betrachtung verschiedener Menschenaffenschädel konnte 2018 im Rahmen eines Evokids-Workshops bei den *Science Days für Kinder* (im Europapark in Rust) umgesetzt werden und ist in einer didaktisch reduzierten Form bereits mit Kindern ab der 3. Klasse möglich.

Zusammengenommen deuten die bisherigen Befragungen aus Deutschland darauf hin, dass viele Grundschulkinder grundsätzlich offen – mehrheitlich sogar sehr affin – hinsichtlich humanevolutionärer Vorstellungen sind. Dass die Kinder bereits einiges über die Humanevolution wissen, geht wahrscheinlich auf die mediale Präsenz des Themas zurück (u.a. Dokumentationen, Sachbücher). So hat die Mehrheit der befragten Kinder auch schon etwas über Steinzeitmenschen (Neandertaler, Höhlenmenschen) gehört. Viel deutet darauf hin, dass die öffentliche Meinung – die allgemeine *kulturelle Lernumgebung* – die Vorstellungswelt der Kinder zur Menschheitsentstehung stark beeinflusst. Inagaki & Hatano (2006) berichten beispielsweise davon, dass sich viele junge Schülerinnen und Schüler aus Japan (5. Klasse) vorstellen, dass die Menschen aus Affen, den dort vorzufindenden Makaken, entstanden seien, was einem in Japan verbreiteten Volksglauben entspricht. Auch Medin et al. (2010) weist darauf hin, dass das anthropozentrische Denken bei Kindern nicht universell ist, sondern eine kulturelle Komponente hat. Zum Beispiel stellen sich die Menominee (Indianerstamm) vor, dass

die Menschen aus Bären entstanden seien (Medin et al. 2010). Evans (2001) folgend lässt sich die Hypothese bilden, dass sich die *unterschiedlichen* Vorstellungen, hinsichtlich der Entstehung der Menschen einerseits und der nicht-menschlichen Lebewesen andererseits, erst dann entwickeln, wenn Kinder unterschiedliche Informationen zur Entstehung der Lebewesen erhalten. Das wäre der Fall, wenn Eltern, Lehrer bzw. Medien den Kindern in Bezug auf bestimmte Lebewesen (z.B. Dinosaurier) evolutionäre Vorstellungen vermitteln, ihnen auf die Frage nach der Herkunft der Menschen aber eine Schöpfungsantwort geben. Ein solches Vorgehen konnte bei US-amerikanischen Eltern (die *nicht* zu einer christlich-fundamentalistischen Gemeinschaft gehörten) festgestellt werden (Evans 2000, 2001).

Die Erlernbarkeit des Themas Evolution in der Grundschule – erste Erkenntnisse am Beispiel der Humanevolution

Im zweiten Teil der Forschungsarbeit konnte gezeigt werden, dass Grundschulkinder in nur wenigen Schulstunden an das Thema Evolution herangeführt werden können. Viele Kinder konnten am Beispiel der Menschenaffen differenziertere und anschlussfähige Vorstellungen zu den evolutionären Grundprinzipien, der *Variation*, der *evolutionäre Veränderlichkeit* sowie der *evolutionären Verwandtschaft* und speziell zum *Stammbaumdenken und -lesen*, entwickeln.

Dem intendierten *Conceptual Change* standen dabei einige Lernhürden im Weg. Am lernhinderlichsten zeigten sich finalistische Vorstellungen zur Humanevolution, die wahrscheinlich in frühkindlichen, körperlichen Erfahrungen wurzeln (Lakoff & Johnson 1980). Bezugnehmend auf die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens von Lakoff & Johnson (1980) kann die finalistische Vorstellung – nach der die Evolution in einer linearen Abfolge auf den Menschen gerichtet verstanden wird (Mensch als Ziel der Evolution) – als „verkörperte Vorstellung", die auf dem „Weg-Ziel-Schema" beruht, interpretiert werden (Groß 2007). Und die Vorstellung der stetigen „Höherentwicklung" lässt sich mit dem „Oben-Unten-Schema" plausibel machen. Zusammengesetzt ergeben aus den Vorstellungen, die auf dem „Weg-Ziel-Schema" und dem „Oben-Unten-Schema" beruhen, das sogenannte Treppenschema der Höherentwicklung der Menschen (Groß 2007; Kattmann 2015). Nach dem Treppenschema läuft die Evolution über „Stufen", zum Beispiel vom Orang-Utan zum Gorilla, zum Schimpansen und schließlich zum Menschen (Groß 2007). Die Ansicht, dass die Menschen direkt von (heute lebenden) Affen abstammen, ist eine der verbreitetsten Fehlvorstellungen bezüglich der Evolution

überhaupt (Pobiner 2016). Damit geht auch häufig die Frage einher: „*Warum gibt es noch Affen, wenn der Mensch doch vom Affen abstammt?*“ (Russell & McGuigan 2015b). Fehlvorstellungen dieser Art sind nicht nur bei Lernenden und Laien verbreitet, sondern werden auch durch ungeeigneten Darstellungsweisen in diversen Medien und sogar Schulbüchern transportiert, was das Erlernen der Humanevolution zusätzlich erschwert (Catley & Novick 2008; Groß 2007).

Trotz all der vorhandenen Lernhürden konnten die Präkonzepte mehrerer Kinder durch das Lernen mit den verwendeten Evokids-Lernmaterialien zum Stammbaum der Menschenaffen-Familie (Stammbaum-Ordner) sowie dem Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ in Stammbaumvorstellungen entwickelt werden. Nach dem Evolutionsunterricht wurden auch die evolutionären Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Menschenaffen mehrheitlich korrekt beschrieben. Die Tatsache, dass ein durchaus beachtlicher Teil der interviewten Grundschulkinder (6 von 9) den Stammbaum der Menschenaffen *nach* dem Unterricht gut interpretieren und begreifen konnte, macht die frühe Erlernbarkeit der Humanevolution deutlich, die als emotional herausfordernd und schwierig zu verstehen gilt (Groß & Gropengießer 2008). Außerdem zeigt der hier dokumentierte Lernzuwachs aus der Schulpraxis, dass der Stammbaum der Menschenaffen-Familie ein gutes evolutionsdidaktisches Modellsystem darstellt, mit dem das Konzept der *gemeinsamen Abstammung* verdeutlicht und das Stammbaumdenken und -lesen im Allgemeinen gefördert werden kann (Russell & McGuigan 2015b; Seoh et al. 2016). Bekräftig werden die vorliegenden Ergebnisse durch die Untersuchung von Ainsworth & Saffer (2013). Sie konnten zeigen, dass Kinder (7-11 Jahre) nach einem Training von nur 15 Minuten Stammbaumlesefertigkeiten entwickeln können (Ainsworth & Saffer 2013). Das Bild, das sich hier abzeichnet, ist überraschend, da es älteren Lernende aus höheren Klassen oftmals schwierig fällt, evolutionäre Stammbäume richtig zu lesen und zu interpretieren (Eder et al. 2018; Meir et al. 2007; Meisel 2010; Phillips et al. 2012; Sandvik 2008). Wie die Ergebnisse von White & Yamamoto (2011) zeigen, haben selbst Studienanfänger der Biologie mit dem *Konzept der gemeinsamen Abstammung* Schwierigkeiten, vor allem dann, wenn die Menschen miteinbezogen werden.

Freilich führte der Unterricht zur Humanevolution, der im Rahmen der vorliegenden qualitativen Untersuchung durchgeführt wurde, nicht bei allen Kindern und ausschließlich zu fachlich richtigen Vorstellungen. Einige Kinder zeigten kaum

Lernfortschritte. Die Vorstellung einer geradlinigen, zielgerichteten Humanevolution trat teilweise auch neben der erlernten evolutionären Stammbaumvorstellung weiter auf (vgl. Einzelfallanalyse Nora). Dies unterstreicht wiederum die Hartnäckigkeit finalistischer Fehlvorstellungen beim Erlernen der Humanevolution und weist zugleich auf die Notwendigkeit hin, das Stammbaumdenken möglichst früh – wie etwa das Lesen von Karten im Geographieunterricht – zu fördern und über *eine längere Zeit* hinweg und in Bezug auf *verschiedene Beispiele* (Dinosaurier, Wale, Pferde usw.) immer wieder neu anzuwenden und zu reflektieren (O'Hara 1997). Das evolutionäre Stammbaumdenken ist nicht nur für das Verständnis der Humanevolution wichtig, sondern bildet eine zentrale Grundlage, um die Evolution im Allgemeinen (Mikro- und Makroevolution) zu verstehen (Baum & Offner 2008; Baum et al. 2005; Gregory 2008; Meisel 2010; Novick et al. 2014; O'Hara 1997; Phillips et al. 2012). Neben dem besseren Verständnis der Evolution könnte eine frühe Einführung in das Stammbaumdenken auch dazu beitragen, dass Evolution insgesamt stärkere Akzeptanz erfährt. Walter et al. (2013) und Gibson & Hoefnagels (2015) stellten eine Korrelation zwischen dem Stammbaumdenken (das gelernt werden kann) und der Akzeptanz der Evolution fest.

Die Evokids-Lernmaterialien zur Menschenaffen-Familie – handlungsorientiert, kooperativ und spielend ein anschlussfähiges Evolutionsverständnis anbahnen

Vor der Durchführung des Projekts bestanden Zweifel, ob das Vorhaben der Evokids-Projektgruppe, Evolution bereits in der Grundschule zu unterrichten, gelingen könnte. Als Einwand wurde unter anderem vorgebracht, dass das Thema Evolution viel zu komplex, lebensweltfern und kognitiv zu anspruchsvoll für Grundschulkinder sei. Zwar legte die Evokids-Projektgruppe ein didaktisches Konzept und Lernmaterialien vor, es fehlte aber an empirischen Untersuchungen, die die Praxistauglichkeit belegten (Graf & Schmidt-Salomon 2017). Obgleich relativ kurz nach Veröffentlichung erste positiven Erfahrungsberichte aus verschiedenen Schulen für die Praxistauglichkeit der *Evokids-Materialien* sprachen, sagten diese wenig über den Lernfortschritt aus, da sie keinen tieferen Einblick in die Prä- und Postkonzepte und die Vorstellungsentwicklungsprozesse gewährten (Porges & Porges 2017). Nun liegen mit der vorliegenden Lernprozess-untersuchung und den Rückmeldungen der an der empirischen Studie teilgenommenen Kinder und Personen erstmals qualitative Ergebnisse vor, die darauf schließen lassen, dass die verwendeten Evokids-Lernangebote lernanregend und lernförderlich sein können.

An dieser Stelle erhebt sich die Frage, welche Faktoren zum hier festgestellten Lernfortschritt beigetragen haben könnten. Die Berücksichtigung der vorunterrichtlichen Vorstellungen war sicher einer der wichtigsten Faktoren (Kattmann 2015). Durch die qualitative Präkonzepterhebung war der Unterricht am Entwicklungsstand und am Können der meisten Kinder ausgerichtet. Der Evolutionsunterricht konnte somit an die vorhandenen Vorstellungen der Grundschulkinder anknüpfen (Variation bei den Menschen, Menschenähnlichkeit der Affen, Affenabstammung der Menschen). Zudem wurden die wissenschaftlichen Vorstellungen zur Humanevolution fachlich geklärt und an die Lernmöglichkeit der Kinder angepasst. Dazu wurde die inhaltliche Komplexität des Themas didaktisch reduziert. An den einzelnen Lernstationen wurde den Lernenden mithilfe kleinschrittiger Anleitungen die Möglichkeit gegeben, die Inhalte aktiv und handlungsorientiert zu erarbeiten. Dabei ermöglichten abwechslungsreiche Materialien (u.a. ein Lernvideo, Bildkarten, Faltbücher und ein Spiel) unterschiedliche Lernzugänge und ein mehrkanaliges Lernen. Auch affektive Faktoren, insbesondere die Motivation und das Interesse der Kinder, sind wichtige Einflussgrößen, die für die hier festgestellten Vorstellungsentwicklungsprozesse unbedingt mitzuberücksichtigen sind (Owens 2019). Das multimediale und spielerische Lernen konnte augenscheinlich die Motivation der Schülerinnen und Schüler unterstützen und fördern (affektive Lernumgebung). Zudem konnten die Kinder in heterogenen Lerngruppen *kooperativ* lernen und ihre Vorstellungen *ko-konstruieren* (Brennecke 2015; Brüning & Saum 2006; Frejd 2019b; Stolpe & Frejd 2014). Außerdem kristallisiert sich immer mehr heraus, dass gerade eine *human-biologische Lernkontextualisierung* dabei helfen kann evolutionäre Vorstellungen zu entwickeln (Nettle 2010, Pobiner 2012, Pobiner et al. 2018, 2019). All diese zusammengenommen hat sicherlich dazu beigetragen, dass der kognitiv herausfordernde Lerngegenstand für viele der Grundschulkinder zugänglich wurde.

Allerdings sind die Schwierigkeiten, die einige wenige Kinder mit der gebotenen offenen Lernsituation hatten, nicht zu ignorieren. Ali zeigte zum Beispiel bei der Gruppenarbeit relativ geringe Lernbereitschaft, was eine stärkere individuelle Betreuung und Lenkung durch die Lehrkraft notwendig gemacht hätte (Einzelfallanalyse Ali). In einer Klasse mit einem hohen Anteil an Kindern mit sozialpädagogischen Förderbedarf sind dementsprechend, je nach Unterstützungs- und Förderbedarf der Kinder, unterrichtliche Modifikationen vorzunehmen (engere Lernbegleitung, inklusive Hilfesysteme, stärkere Differenzierung und Komplexitätsreduktion). Porges & Porges 2017, die Erfahrungen mit

den Evokids-Lernmaterialien im inklusiven Kontext gesammelt haben, weisen darauf hin, dass nicht die Lernmaterialien alleine den Erfolg des Unterrichts bestimmen. Es kommt bei der praktischen Umsetzung vor allem auch auf die Lehr-Lernumgebung und schulischen Rahmenbedingungen an. Das Engagement der Lehrkräfte und die Unterstützung der Schulleitung sind dabei ebenso wichtig wie die Zeit, die für den Evolutionsunterricht zu Verfügung gestellt wird (Porges & Porges 2017).

Die an dieser Untersuchung beteiligten Kinder gaben dem Evolutionsunterricht ein überwiegend positives Feedback, was auf eine hohe Lernzufriedenheit schließen lässt. Als ansprechend bewerteten die Kinder vor allem das eingesetzte Evokids-Lernvideo an der Station „*Unsere Vorfahren – Menschenaffen früher*“, die lebensnahe Lernstation „*Wir sind alle verschieden*“ und das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“. Besonders das Lernspiel „*Mach dich zum Affen*“ fördert eine aktive Beteiligung der Schülerinnen und Schüler und ist durch die Aktionskarten sehr abwechslungsreich: „*Ich fand es auch gut, die Aktionskarten, die es sonst nicht gibt, weil dann kann man zum Beispiel mal laut schreien [...] oder so tun als hangelt man oder wie der Orang-Utan in den Ästen so stehen und irgendwie so schlafen oder so“* (G2, Post, Abs. 143). Das Lernspiel wird mit Bewegung und Schauspielerei kombiniert, was vielen Kindern gut gefallen hat. Dementsprechend verlief die Spielphase auch überwiegend lebendig und engagiert. Auch die Tatsache, dass in dem Lernspiel Variation thematisiert wird, hoben Kinder nach dem Spiel ausdrücklich positiv hervor: „*Dass man es mit dem Memory sozusagen aufdecken kann und dass man nicht dasselbe Pärchen finden muss, sondern, dass man Schimpanse und Schimpanse, Orang-Utan und Orang-Utan, Gorilla und Gorilla und Mensch und Mensch aussuchen kann,* ***verschiedene****, und man muss nicht das Pärchen nehmen. Das fand ich besser“* (G2, Post, Abs. 143).

Der Evolutionsunterricht konnte nicht nur zum Nachdenken über den „*Affen in uns*“ anregen, sondern bei einigen Kindern auch eine motivierende Auseinandersetzung mit evolutionären Stammbäumen im Allgemeinen anstoßen. Ein Kind berichtet beispielsweise nach dem Unterricht begeistert davon, dass es „*zu Hause auch noch ein riesiges Blatt voller (...) Stammbäumen machen*“ will (L1, Abs. 151, Post) und zeigen möchte, dass man den Stammbaum „*immer weiterzeichnen*“ kann (L1, Abs. 153, Post). Während und nach dem Unterricht konnten sich Diskussionen und Fragen zur Evolution entwickeln, die im späteren Evolutionsunterricht wieder aufgegriffen werden können

(z.B. die Frage, ob die Menschen auch mit den Dinosauriern verwandt sind). Evolutionsdidaktisch erscheint es sinnvoll, dass die Lernenden ziemlich früh einen Überblick über die makroevolutionären Zusammenhänge und den Stammbaum des Lebens erhalten (Graf & Schmidt-Salomon 2017). Wichtig ist aber auch, dass die Kinder Fertigkeiten erlernen, wie dieser Stammbaum richtig zu lesen ist. Sonst besteht die Gefahr, dass sich *hausgemachte* Fehlvorstellungen zur Evolution entwickeln, die aus einer falschen Interpretation der Stammbaumdarstellungen resultieren (Gregory 2008). Die Lerneinheit zur Menschenaffen-Familie ist geeignet für einen evolutionsbiologischen Anfangsunterricht – zum Erlernen und Einüben genau dieser wichtigen Schlüsselfertigkeit. Die Vorstellungen zur Verwandtschaft der Menschenaffen („Menschenaffen-Familie") können dann in den anschließenden Unterrichtsstunden auf die Verwandtschaft aller Lebewesen – die „Big Family" – ausgeweitet werden (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Schmidt-Salomon & Kindler 2015).

9 Fazit und Ausblick

Das in der Arbeit entwickelte Kategoriensystem zeigt, dass Grundschulkinder schon mit einer Vielzahl von Vorstellungen zur Evolution in den Unterricht kommen. Per Interview konnten Vorstellungen zu den Lebewesen der Frühzeit, zum Ursprung der Lebewesen, zum Wandel der Lebewesen im Laufe der Erdgeschichte und speziell zur Humanevolution erhoben werden. Die Ergebnisse der Arbeit sind überraschend, da sie zeigen, dass Lehrkräfte bereits an zahlreichen Präkonzepten der Grundschulkinder anknüpfen können. Zugleich verdeutlicht die Erhebung aber auch die sehr unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Kinder. Es ist anzunehmen, dass sich das Vorwissen zur Evolution in den meisten Grundschulklassen in Deutschland ähnlich heterogen zeigt. Bezogen auf die Kerndimensionen des Kategoriensystems unterscheiden sich die Vorstellungswelten der Grundschulkinder teilweise beträchtlich. So konnten vier Typen – der Evolutions-Typ, der Schöpfungs-Typ, der Schwankungs-Typ und der theistische Evolutions-Typ – gebildet werden. Die Typisierung kann Lehrkräften in Zukunft bei der Vorstellungsdiagnose und Unterrichtsplanung helfen, um den Evolutionsunterricht in der Grundschule schülerorientiert auszurichten und fruchtbare Vermittlungssituationen zu gestalten.

Die geführten Interviews machen auch die Bedeutung des Sozialisationshintergrunds bei der Vermittlung der Evolution deutlich. Insbesondere in Klassen mit Schülerinnen und Schülern aus einem streng religiösen Umfeld sind in Bezug auf das Thema Evolution und Schöpfung Konflikte zu erwarten. Die zu erwartenden Kontroversen sollten aber nicht dazu führen, dass das Thema Evolution unterrichtlich ausgeklammert wird. Im Gegenteil: Im Sachunterricht der Grundschule können entscheidende Weichen gestellt werden und Konflikte sogar im Dialog gelöst werden. Wie die geführten Interviews zeigen, werden manchen Kindern schon recht früh in religiösen Communities (außerhalb der Schule) religiös-fundamentalistische Vorstellungen zum Ursprung der Lebewesen vermittelt. In solchen fundamentalistischen Gemeinschaften besteht auch die Gefahr, dass Kinder fachlich verzehrte Vorstellungen zur Evolution vermittelt bekommen. Die Fehlvorstellungen können sich verfestigen und sich schließlich lernhinderlich auf das weitere Lernen der Biologie auswirken, denn: „*Wer Evolution nicht versteht, versteht auch Biologie nicht*“ (Graf 2009, S.3). Insofern ist darauf hinzuwirken, dass künftig *alle* Kinder möglichst früh Zugang zu didaktisch aufbereiteten evolutionsbiologischen Erkenntnissen erhalten (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Graf & Wieder 2017).

Der zweite Teil der Forschungsarbeit ergänzt die Interview-Ergebnisse des ersten Forschungsteils in einer zentralen Hinsicht: Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die in der Schulpraxis gewonnen qualitativen Ergebnisse zeigen, dass bereits ein relativ kurzer Unterricht zur Evolution zu einem deutlichen Lernzuwachs führen kann. Dies spricht für die praktische Umsetzbarkeit des Evokids-Projekts. Die vorliegende schulpraktische Untersuchung, aber auch die außerschulischen Initiativen des Evokids-Projekts (z.B. bei den „Science Days" für Kinder), zeigen deutlich, dass das Interesse an der Evolution bei Kindern im Grundschulalter geweckt und gefördert werden kann. Gerade ein Evolutionsunterricht, der das spielerische und handlungsorientierte Lernen in den Vordergrund rückt, hat sich für die jungen Schülerinnen und Schüler als fruchtbar erwiesen.

Darüber hinaus zeigt die Arbeit auch, dass sich für den evolutionsbiologischen Anfangsunterricht ein *humanzentrierter* Ansatz eignet. Insbesondere in Bezug auf die Affenabstammung des Menschen fanden sich fruchtbare Anknüpfungspunkte bei den interviewten Kindern. Die evolutionsbiologischen Basiskonzepte (Veränderlichkeit, Verwandtschaft, Variation) können am Beispiel der Menschenaffen eingeführt werden. So könnte der Evolutionsunterricht beispielsweise mit der Humanevolution beginnen und sich von dort aus in verschiedenste Richtungen entfalten. Die humanbiologische Lernkontextualisierung scheint für Kinder im Grundschulalter besonders vorteilhaft zu sein, um ein Verständnis der evolutionsbiologischen Schlüsselprinzipien anzubahnen. Die Humanevolution gewinnt damit an Bedeutung: Sie wird von einem evolutionsbiologischen Abschlussthema zu einem anschlussfähigen Anfangsthema. Zur Umsetzung stehen Lehrkräften nun praxiserprobte und optimierte Evokids-Materialien zur Verfügung. Der frühe Evolutionsunterricht ist aber natürlich keineswegs auf die Menschenaffen-Familie zu beschränken. Um die menschliche Evolution vollständig verstehen zu können, muss den Kindern im weiteren Verlauf die große evolutionäre Geschichte des Lebens erzählt werden. Auch die hier behandelten Grundkonzepte (Veränderlichkeit, Verwandtschaft, Variation) müssen im weiteren Verlauf in einer Art Spiralcurriculum in multiplen Kontexten eingeübt, vertieft und ausgebaut werden (Selektion, Speziation, Fossilien, Tiefenzeit, Symbiogenese), damit sich die Vorstellungen zur Evolution weiterentwickeln und in vielfältigen Kontexten bewähren können (Graf & Schmidt-Salomon 2017; Graf & Wieder 2017).

Wie die vorliegende Forschungsarbeit zeigt, wird teilweise noch zu Unrecht angenommen, dass das Erschließen der Evolution im Grundschulalter nicht möglich sei. Dagegen legen die Ergebnisse der Untersuchung nahe, dass die Grundschulzeit ein günstiger Zeitraum ist, um mit dem Evolutionsunterricht zu beginnen, noch bevor sich typische und nur noch schwer veränderbare Fehlvorstellungen verfestigt haben (vgl. auch Buchan et al. 2019). Aus der Arbeit ergibt sich daher das Plädoyer, die Evolution in den Curricula der Grundschulen stärker zu berücksichtigen. Ein früher Evolutionsunterricht kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass Kinder sich in der von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt orientieren und ein wissenschaftlich fundiertes Selbst- und Weltverständnis entwickeln können. Idealerweise wird das Thema Evolution nicht nur einmalig aufgegriffen, sondern bildet bereits in der Grundschulzeit ein Schwerpunktthema, das *mehrperspektivisch* und *perspektivvernetzend* behandelt wird (Graf & Wieder 2017).

Obgleich die Arbeit einen ersten wichtigen Anstoß liefern konnte, steht die evolutionsdidaktische Vorstellungsforschung und das Evokids-Projekt weiterhin vor großen Herausforderungen:

(1) Aufbauend auf den qualitativen Interviewergebnissen, sind *quantitative Befragungen* zu entwickeln, um von der Tiefe in die Breite zu gehen und repräsentative Ergebnisse zu erhalten.

(2) Es sind weitere *qualitative Lernprozessuntersuchungen* notwendig, um die Evokids-Lernmaterialien im Schulalltag zu erforschen und zu optimieren. In künftigen Untersuchungen könnten die Evokids-Materialien zur natürlichen Selektion (z.B. Simulationsspiele) und zur Tiefenzeit stärker in den Blick genommen werden (Graf & Schmidt-Salomon 2017).

(3) Inwiefern der hier entwickelte und explorierte *humanzentrierte Ansatz* gegenüber anderen didaktischen Ansätzen lernförderlicher ist, ist in *kontrollierten Interventionsstudien* zu prüfen.

(4) Zukünftig ist eine noch stärkere *interdisziplinärere Ausrichtung* anzustreben, um im Hinblick auf die migrationsbedingte und weltanschaulich-kulturelle Heterogenität in den Grundschulklassen noch besser mit den verschiedenen Vorstellungen der Kinder (insbesondere mit den religiös-fundamentalistischen Sichtweisen) umgehen zu

können. Unterrichtsmaterialien und Unterrichtseinheiten, die die Evolutions- und Schöpfungsthematik behandeln, sollten in Zukunft von Sachunterrichtsdidaktikern, Biologiedidaktikern und Religionsdidaktikern zusammen erarbeitet und erforscht werden.

(5) Die Verankerung der Evolution in der Grundschule macht eine Professionalisierung und somit die Stärkung der *Aus- und Weiterbildung von Grundschullehrkräften* im Bereich der Evolutionsdidaktik notwendig. Um die Aus- und Weiterbildung und damit den Evolutionsunterricht in der Grundschule zu verbessern, sollten auch die Vorstellungen der (angehenden) Grundschullehrkräfte (sowohl zur Evolution als auch zu den Schülervorstellungen) erhoben und didaktisch rekonstruiert werden.

10 Literaturverzeichnis

Adamina, M. (2008). *Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu raum-, zeit- und geschichtsbezogenen Themen: eine explorative Studie in Klassen des 1., 3., 5. und 7. Schuljahres im Kanton Bern* (Dissertation). Münster: Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

Ainsworth, S., & Saffer, J. (2013). Can children read evolutionary trees? *Merrill-Palmer Quarterly*, *59*(2), 221-247.

Akpınar, E., Erol, D., & Aydoğdu, B. (2009). The role of cognitive conflict in constructivist theory: An implementation aimed at science teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 1*(1), 2402-2407.

Alba, D. M., Almécija, S., DeMiguel, D., Fortuny, J., de los Ríos, M. P., Pina, M., . . . Moyà-Solà, S. (2015). Miocene small-bodied ape from Eurasia sheds light on hominoid evolution. *Science, 350*(6260), doi:10.1126/science.aab2625

Almquist, A.J, & Cronin, J.E. (1988). Fact, fancy, and myth on human evolution. *Current Anthropology*, *29*(3), 520–522.

Alt, C., & Quellenberg, H. (2005). Daten, Design und Konstrukte: Grundlagen des Kinderpanels. In C. Alt (Hrsg.), *Kinderleben - Aufwachsen zwischen Familie, Freunden und Institutionen* (B. 2, S. 317-343). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Amster, G., & Sella, G. (2016). Life history effects on the molecular clock of autosomes and sex chromosomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 113*(6), 1588- 1593.

Antón, S. C., Potts, R., & Aiello, L. C. (2014). Evolution of early Homo: an integrated biological perspective. *Science, 345*(6192), 1236828.

Ault, C. R. (1982). Time in Geological Explanations as Perceived by Elementary-School Students. *Journal of Geological Education*, *30*(5), 304-309.

Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung–Ergebnisse einer Interview-studie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,* 10(1), 7-28.

Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice, 3*(1), 55-64.

Bang, M., Medin, D. L., & Atran, S. (2007). Cultural mosaics and mental models of nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(35), 13868-13874.

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schüler-vorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Barton, R. A., & Venditti, C. (2017). Rapid Evolution of the Cerebellum in Humans and Other Great Apes. *Current Biology, 27*(8), 1249-1250.

Baser, M. (2006). Fostering conceptual change by cognitive conflict based instruction on students' understanding of heat and temperature concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2*(2), 96-114.

Basili, P. A., & Sanford, J. P. (1991). Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(4), 293-304.

Batzli, J. M., Knight, J. K., Hartley, L. M., Maskiewicz, A. C., Desy, E. A., & Momsen, J. (2016). Crossing the Threshold: Bringing Biological Variation to the Foreground. *CBE—Life Sciences Education, 15*(4), es9.

Bauer, R. (1997). *Lernen an Stationen in der Grundschule. Ein Weg zum kindgerechten Lernen*. Berlin: Cornelsen Scriptor.

Baum, D. A. (2005). The Tree-Thinking Challenge. *Science*, *310*(5750), 979–980.

Baum, D. A., & Offner, S. (2008). Phylogenics & tree-thinking. *The American Biology Teacher, 70*(4), 222-229.

Becquet, C., Patterson, N., Stone, A. C., Przeworski, M., & Reich, D. (2007). Genetic structure of chimpanzee populations. *PLoS genetics, 3*(4), e66.

Bell, E. A., Boehnke, P., Harrison, T. M., & Mao, W. L. (2015). Potentially biogenic carbon preserved in a 4.1 billion-year-old zircon. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(47), 14518-14521.

Bengtson, S., Sallstedt, T., Belivanova, V., & Whitehouse, M. (2017). Three-dimensional preservation of cellular and subcellular structures suggests 1.6 billion-year-old crown-group red algae. *PLoS biology, 15*(3), e2000735.

Beniermann, A. (2019). *Evolution - von Akzeptanz und Zweifeln: Empirische Studien über Einstellungen zu Evolution und Bewusstsein* (Dissertation). Wiesbaden: Springer Publishing.

Beniermann, A., Brennecke, J., Greiten, K., Hamdorf, E., Klös, T., Roth, J., Schmidt, E., Spitzner, A., Waschke, T., Wieder, B. & Graf, D. (2017). *GiTax – Gießener Taxonomie, Begriffe für die biologiedidaktische Forschung*. Online Publikation, JLU Gießen. Abgerufen 2019, von http://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/biologiedidaktik/dateien/gitax

Berck, K. H., & Graf, D. (2018). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (5. Aufl.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer.

Berna, F., Goldberg, P., Horwitz, L., K., Brink, J., Holt, S., Bamford, M., & Chazan, M. (2012). Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*(20), 1215-1220.

Bernor, R. L. (2007). New apes fill the gap. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(50), 19661-19662.

Berti, A. E., & Barbetta, V. (2012). Conceptions about the origin of species in Italian 3rd, 4th, 5th, and 8th graders. In G. M. e. al. (Hrsg.), *Construyendo Mentes. Ensayoss en homenaje de Juan Delval. Constructing minds. Essays in honor of Juan Delval* (S. 327–341). Madrid: UNED Editorial.

Berti, A. E., Barbetta, V., & Toneatti, L. (2017). Third-graders' conceptions about the origin of species before and after instruction: an exploratory study. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*(2), 215-232.

Berti, A. E., Toneatti, L., & Rosati, V. (2010). Children's conceptions about the origin of species: A study of Italian children's conceptions with and without instruction. *The Journal of the Learning sciences,* 19(4), 506-538.

Beyene, Y., Katoh, S., WoldeGabriel, G., Hart, W. K., Uto, K., Sudo, M., . . . Asfaw, B. (2013). The characteristics and chronology of the earliest Acheulean at Konso, Ethiopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*(5), 1584-1591.

Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(5), 415-427.

Bizzo, N. M. V. (1994). From down house Landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching, 31*(5), 537-556.

Blancke, S., Hjermitslev, H. H., & Kjærgaard, P. C. (2014). *Creationism in Europe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Boenigk, J., & Wodniok, S. (2014). Erdgeschichte. In J. Boenigk & S. Wodniok (Hrsg.), *Biodiversität und Erdgeschichte* (S. 11-155). Berlin, Heidelberg: Springer.

Bradley, B. J. (2008). Reconstructing phylogenies and phenotypes: a molecular view of human evolution. *Journal of Anatomy, 212*(4), 337-353.

Brem, S. K., Ranney, M., & Schindel, J. (2003). Perceived consequences of evolution: College students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. *Science Education*, 87(2), 181-206.

Brennecke, J. S. (2015). *Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung: qualitative Studien als Grundlage für ein fachdidaktisches Entwicklungskonzept in einem botanischen Garten* (Dissertation). Gießen: Justus-Liebig-Universität Gießen.

Brennecke, J. S., Klös, T., Spitzner, A., & Greiten, K. (2017). Die Dinosaurier waren nicht die ersten Lebewesen – Pflanzen und Tiere der einzelnen Erdzeitalter. In D. Graf & B. Wieder (Hrsg.), *Sachunterricht Weltwissen: Eine Reise von der Urzeit bis heute – Mit Kindern Evolution erforschen* (Heft 1, S. 16-21). Braunschweig: Westermann Verlag.

Brocks, J. J., Logan, G. A., Buick, R., & Summons, R. E. (1999). Archean Molecular Fossils and the Early Rise of Eukaryotes. *Science, 285*(5430), 1033-1036.

Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M. J., Soejono, R. P., Jatmiko, Wayhu Saptomo, E., & Awe Due, R. (2004). A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature, 431*, 1055-1061.

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

Brusatte, S. L., O'Connor, J. K., & Jarvis, E. D. (2015). The Origin and Diversification of Birds. *Current Biology, 25*(19), 888-898.

Brüning, L., & Saum, T. (2006). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen. Strategien zur Schüleraktivierung*. Essen: Neue Deutsche Schule Verlagsgesellschaft.

Buchan, L. (2019). *Development and evaluation of resources for teaching evolution in primary schools* (Dissertation). Bath: University of Bath.

Buchan L.L., Hejmadi M.V., & Hurst L.D. (2019) Evidence for the Success of a Quantitative Assessment Instrument for Teaching Evolution in Primary Schools in England. In Harms U., Reiss M. (Hrsg.), *Evolution Education Re-considered* (S. 21-40). Cham: Springer.

Bull, J. J., & Wichman, H. A. (2001). Applied Evolution. Annual Review of Ecology and Systematics, *32*(1), 183–217.

Burda, H., Zrzavý, J., & Bayer, P. (2014). *Humanbiologie.* Stuttgart: UTB, Eugen Ulmer.

Byrne, J., Grace, M., & Hanley, P. (2009). Children's anthropomorphic and anthropocentric ideas about micro-organisms. *Journal of Biological Education, 44*(1), 37-43.

Caldecott, J. O., & Miles, L. (2005). *World atlas of great apes and their conservation*. California: Univ of California Press.

Campos, R., & Sá-Pinto, A. (2013). Early evolution of evolutionary thinking: teaching biological evolution in elementary schools. *Evolution: Education and Outreach,* 6, 1-13.

Caravita, S., & Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and instruction, 4*(1), 89-111.

Carbone, L., Alan Harris, R., Gnerre, S., Veeramah, K. R., Lorente-Galdos, B., Huddleston, J., . . . Gibbs, R. A. (2014). Gibbon genome and the fast karyotype evolution of small apes. *Nature, 513(7517)*, 195-201.

Cardinal, S., & Danforth, B. N. (2013). Bees diversified in the age of eudicots. *Proc. R. Soc. B, 280*(1755), 20122686.

Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: Bradford Books.

Carroll, S. P., Jorgensen, P. S., Kinnison, M. T., Bergstrom, C. T., Denison, R. F., Gluckman, P., …Tabashnik, B. E. (2014). Applying evolutionary biology to

address global challenges. *Science*, *346*(6207), 1245993.
Catley, K. M., & Novick, L. R. (2008). Seeing the Wood for the Trees: An Analysis of Evolutionary Diagrams in Biology Textbooks. *BioScience*, *58*(10), 976–987.
Catley, K. M., & Novick, L. R. (2009). Digging deep: Exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(3), 311–332.
Cavalieri, P. (2015). The Meaning of the Great Ape Project. *Politics and Animals*, *1*(1), 16-34.
Celikten, O., Ipekcioglu, S., Ertepinar, H., & Geban, O. (2012). The Effect of the Conceptual Change Oriented Instruction through Cooperative Learning on 4th Grade Students' Understanding of Earth and Sky Concepts. *Science Education International, 23*(1), 84-96.
Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and instruction, 15*(1), 1-40.
Chanet, B., & Lusignan, F. (2009). Teaching Evolution in Primary Schools: An Example in French Classrooms. *Evolution: Education and Outreach, 2*(1), 136-140.
Chi, M. (1992). Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. In R. N. Giere (Hrsg.), *Cognitive Models of Science* (S. 129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & De Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction, 4*(1), 27- 43.
Chiappe, L. M. (2009). Downsized Dinosaurs: The Evolutionary Transition to Modern Birds. *Evolution: Education and Outreach, 2*(2), 248-256.
Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of educational research, 63*(1), 1-49.
Chinn, C. A., & Samarapungavan, A. (2009). Conceptual change - multiple routes, multiple mechanisms: A commentary on Ohlsson (2009). *Educational Psychologist, 44*(1), 48-57.
Clack, J. A. (2009). The fish–tetrapod transition: new fossils and interpretations. *Evolution: Education and Outreach, 2*(2), 213.
Clement, J., Brown, D. E., & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International journal of science education, 11*(5), 554-565.
Coley, J. D. (2007). The Human Animal: Developmental Changes in Judgments of Taxonomic and Psychological Similarity among Humans and Other Animals. *Cognitie, Creier, Comportament, 11*(4), 733.
Coley, J. D., & Tanner, K. (2015). Relations between Intuitive Biological Thinking and Biological Misconceptions in Biology Majors and Nonmajors. *CBE Life Sciences Education, 14*(1).
Coley, J. D., & Tanner, K. D. (2012). Common origins of diverse misconceptions: cognitive principles and the development of biology thinking. *CBE-Life Sciences Education, 11*(3), 209-215.
Collins, F. S. (2007). Gott und die Gene: Ein Naturwissenschaftler begründet seinen Glauben. München: Gütersloher Verlagshaus.
Crompton, R. H., Pataky, T. C., Savage, R., D'Août, K., Bennett, M. R., Day, M. H., … Sellers, W. I. (2011). Human-like external function of the foot, and fully upright gait, confirmed in the 3.66 million year old Laetoli hominin footprints by topographic statistics, experimental footprint-formation and computer

simulation. *Journal of The Royal Society Interface*, *9*(69), 707–719.
Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature, 415*(6867), 23.
Cui, J., Li, F. & Shi, Z. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Reviews Microbiology*, *17*, 181–192.
Daeschler, E. B., Shubin, N. H., & Jenkins, F. A., Jr. (2006). A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan. *Nature*, *440*(7085), 757–763.
Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray.
Darwin, C. (1871). *Die Abstammung des Menschen und die sexuelle Selektion*. Stuttgart: Reclam.
Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, *12*(1), 7–15.
Dega, B. G., Kriek, J., & Mogese, T. F. (2013). Students' conceptual change in electricity and magnetism using simulations: A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict. *Journal of Research in Science Teaching, 50*(6), 677-698.
Demastes, S. S., Settlage, J., & Good, R. (1995). Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: Cases of replication and comparison. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(5), 535-550.
Demirci, T. (2016). *Die Vereinbarkeit der wissenschaftlichen Evolutionstheorie mit dem Islam. Philosophisch-islamische Grundlagen für den Religionsunterricht* (Masterarbeit). Wien: Universität Wien, Fakultät für Philosophie und Bildungswissenschaft.
Deniz, H., & Borgerding, L. A. (2018). *Evolution Education Around the Globe*. Cham: Springer International Publishing.
DeSilva , J. (2004). Interpreting Evidence: An Approach to Teaching Human Evolution in the Classroom. *The American Biology Teacher*, *66*(4), 257–267.
Diamond, J. M. (1998). *Der dritte Schimpanse: Evolution und Zukunft des Menschen*. Frankfurt: Fischer-Taschenbuch-Verlag.
Dinkelaker, J., & Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie: Eine Einführung.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
Donovan, B. M. (2015). Putting humanity back into the teaching of human biology. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, *52*, 65–75.
diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the computer age* (S. 49-70). New York: Psychology Press.
diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the" pieces" vs" coherence" controversy (from the" pieces" side of the fence"). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 35-60). New York: Routledge.
diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science, 28*(6), 843-900.
Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher,* 35(3), 125-129.
Dodd, M. S., Papineau, D., Grenne, T., Slack, J. F., Rittner, M., Pirajno, F., . . . Little, C.T. S. (2017). Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates. *Nature, 543*, 60.
Dragosits, M., & Mattanovich, D. (2013). Adaptive laboratory evolution – principles and applications for biotechnology. Microbial Cell Factories, *12*(1), 64.
Dresing, T., & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende.* Abgerufen 2018, von

www.audiotranskription.de/praxisbuch

Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some implications, difficulties, and problems. *Science Education, 74*(5), 555-569.

Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, *5*(1), 61–84.

Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik, 41*(6), 905-923.

Duit, R. (2000). Konzeptwechsel und Lernen in den Naturwissenschaften in einem mehrperspektivischen Ansatz. In R. Duit & Ch. v. Rhöneck (Hrsg.), *Ergebnisse Fachdidaktischer und Psychologischer Lehr-Lern-Forschung, 169*. Kiel: IPN

Duit, R. (2009). Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel: University of Kiel. Abgerufen 2018, von http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/

Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. *International handbook of science education, 1*(1), 3-25.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International journal of science education, 25*(6), 671-688.

Eder, E., Seidl, V., Lange, J., & Graf, D. (2018). Evolution Education in the German-Speaking Countries. In H. Deniz & L. A. Borgerding (Hrsg.), *Evolution Education Around the Globe* (S. 235–260). Schweiz: Springer.

Eikermann, S. (2012). *Weltbilder von Grundschulkindern heute. Eine empirische Studie im Religionsunterricht*. Berlin: LIT Verlag

EKD (2018). Weltentstehung, Evolutionstheorie und Schöpfungsglaube in der Schule. Eine Orientierungshilfe des Rates der Evangelischen Kirche in Deutschland. EKD-Texte 94. Hannover.

Emmons, N. A., & Kelemen, D. A. (2015). Young children's acceptance of within-species variation: Implications for essentialism and teaching evolution. *Journal of experimental child psychology, 139*, 148-160.

Emmons, N., Smith, H., & Kelemen, D. (2016). Changing Minds With the Story of Adaptation: Strategies for Teaching Young Children About Natural Selection. *Early Education and Development*, *27*(8), 1205–1221.

Emmons, N., Lees, K., & Kelemen, D. (2017). Young children's near and far transfer of the basic theory of natural selection: An analogical storybook intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(3), 321–347.

Engel Clough, E., & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education, 19*(2), 125-130.

Engels, E.-M. (2007). *Charles Darwin* (Beck'sche Reihe Denker 575). München: C.H. Beck.

Erwin, D. H., Laflamme, M., Tweedt, S. M., Sperling, E. A., Pisani, D., & Peterson, K. J. (2011). The Cambrian Conundrum: Early Divergence and Later Ecological Success in the Early History of Animals. *Science, 334*(6059), 1091-1097.

Estrada, A., Garber, P. A., Mittermeier, R. A., Wich, S., Gouveia, S., Dobrovolski, R., … Setiawan, A. (2018). Primates in peril: the significance of Brazil, Madagascar, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo for global primate

conservation. *Peer Journal*, *6*, e4869.
Evans, E. M. (1994). *God or Darwin? The development of beliefs about the origin of species* (Dissertation). Michigan: University of Michigan.
Evans, E. M. (2000). The Emergence of Beliefs About the Origins of Species in School-Age Children. *Merrill-Palmer Quarterly, 46*(2), 221-254.
Evans, E. M. (2001). Cognitive and contextual factors in the emergence of diverse belief systems: Creation versus evolution. *Cognitive psychology, 42*(3), 217-266.
Evans, E. M. (2008). Conceptual Change and Evolutionary Biology: A Developmental Analysis. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 263-294). New York: Routledge.
Evans, E. M., & Lane, J. D. (2011). Contradictory or Complementary? Creationist and Evolutionist Explanations of the Origin(s) of Species. *Human Development*, *54*(3), 144–159.
Evans, E.M., Mull, M.S., Poling, D.A., & Szymanowski, K. (2005). *Overcoming an essentialist bias: from metamorphosis to evolution*. Biennial meeting of the Society for Research in Child Development. Atlanta, GA. Abgerufen 2019, von http://www-personal.umich.edu/~evansem/Evans.Ess.SRCD05.pdf
Evans, E.M., Rosengren, K., Lane, J.D., & Price, K.S. (2012). Encountering counterintuitive ideas: constructing a developmental learning progression for biological evolution. In K. Rosengren, Brem S., Evans, E.M., Sinatra, G. (Hrsg.), *Evolution challenges. Integrating Research and Practice in Teaching and Learning about Evolution* (S.174-199). New York: Oxford University Press.
Evans, E. M., & Rosengren, K. (2018). Cognitive Biases or Cognitive Bridges? Intuitive Reasoning in Biology. In K. Kampourakis & M. J. Reiss (Hrsg.), *Teaching Biology in Schools. Global Research, Issues, and Trends* (S. 9-21). New York: Routledge.
Evokids-Resolution (2015). Evolutionsunterricht in der Grundschule (verabschiedet am 01.11.2015 in der Hermann-Hoffmann-Akademie Gießen). Abgerufen 2019, von https://evokids.de/content/resolution-evolution-grundschule#Resolutionstext
Fail, J. (2008). A No-Holds-Barred Evolution Curriculum for Elementary and Junior High School Students. *Evolution: Education and Outreach, 1*(1), 56-64.
Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie: Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion* (Dissertation). Gießen: Justus-Liebig-Universität.
Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education, 20*(10), 1231-1256.
Fetz, R. L., Reich, K. H., & Valentin, P. (2001). *Weltbildentwicklung und Schöpfungsverständnis. Eine strukturgenetische Untersuchung bei Kindern und Jugendlichen*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag
Fischer, A., Pollack, J., Thalmann, O., Nickel, B., & Pääbo, S. (2006). Demographic History and Genetic Differentiation in Apes. *Current Biology, 16*(11), 1133-1138.
fowid (2005). *Evolution und Kreationismus*. Abgerufen 2019, von https://fowid.de/meldung/evolution-und-kreationismus
Frejd, J. (2018). "If It Lived Here, It Would Die." Children's Use of Materials as Semiotic Resources in Group Discussions About Evolution. *Journal of Research in Childhood Education*, *32*(3), 251–267.
Frejd, J. (2019a). Children's Encounters with Natural Selection During an Interactive Read Aloud. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09895-9
Frejd, J. (2019b). When Children Do Science: Collaborative Interactions in Preschoolers'

Discussions About Animal Diversity. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-019-9822-3

French, K. L., Hallmann, C., Hope, J. M., Schoon, P. L., Zumberge, J. A., Hoshino, Y., . . . Summons, R. E. (2015). Reappraisal of hydrocarbon biomarkers in Archean rocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(19), 5915-5920.

French, J. A., Menendez, D., Herrmann, P. A., Evans, E. M., & Rosengren, K. S. (2018). Cognitive constraints influence an understanding of life-cycle change. *Journal of Experimental Child Psychology*, *173*, 205–221.

Futuyma, D. J., Edwards, S. V., & True, J. R. (2009). *Evolution*. Sunderland: Sinauer Associates.

Gagneux, P., Wills, C., Gerloff, U., Tautz, D., Morin, P.A., Boesch, C., Fruth, B., Hohmann, G., Ryder, O.A., & Woodruff, D.S. (1999). Mitochondrial sequences show diverse evolutionary histories of African hominoids. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *96*(9), 5077–5082.

Gallagher, A. J., Hammerschlag, N., Cooke, S. J., Costa, D. P., & Irschick, D. J. (2015). Evolutionary theory as a tool for predicting extinction risk. Trends in Ecology & Evolution, *30*(2), 61–65.

Gamlin, L. (2011). *Evolution* (memo Wissen entdecken). München: Dorling Kindersley Verlag.

GDSU (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (überarb. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gee, H. (2013). *The accidental species: Misunderstandings of human evolution*. Chicago: University of Chicago Press.

Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). Schülerperspektiven auf die Naturwissenschaften. In Gebhard, U., Höttecke, D., Rehm, M. (Hrsg.), *Pädagogik der Naturwissenschaften* (S. 143-165). Wiesbaden: Springer.

Gelman, S. A. (1999). The Role of Essentialism in Children's Concepts. *Advances in Child Development and Behavior, 27*, 55-98.

Gelman, S. A. (2003). *The Essential Child: Origins of Essentialism in Everyday Thought*. Oxford: Oxford University Press.

Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trends in cognitive sciences, 8*(9), 404-409.

Gelman, S. A., & Hirschfeld, L. A. (1999). How Biological Is Essentialism? In S. Atran & M. Douglas (Hrsg.), *Folkbiology* (S. 403-446). Cambridge: MIT Press.

Gelman, S. A., & Rhodes, M. (2012). "Two-thousand years of stasis": How psychological essentialism impedes evolutionary understanding. In K. Rosengren, S. K. Brem, E. M. Evans, & G. M. Sinatra (Hrsg.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (S. 3-21). New York: Oxford University Press.

Gibson, J. P., & Hoefnagels, M. H. (2015). Correlations between tree thinking and acceptance of evolution in introductory biology students. *Evolution: Education and Outreach*, *8*(1), 15.

Giest, H. (2017). *Die naturwissenschaftliche Perspektive konkret. Begleitband 4 zum Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Giffhorn, B., & Langlet, J. (2006). Einführung in die Selektionstheorie. So früh wie möglich. *PdN - Biologie in der Schule, 55*(6), 6-15.

Gluckman, P. D., Low, F. M., Buklijas, T., Hanson, M. A., & Beedle, A. S. (2011). How evolutionary principles improve the understanding of human health and disease. *Evolutionary Applications*, *4*(2), 249–263.

Goes, P. (2017). *Die Zeitreise: Vom Urknall bis heute*. Weinheim: Beltz Verlag.

Gonder, M. K., Locatelli, S., Ghobrial, L., Mitchell, M. W., Kujawski, J. T., Lankester, F.J.,. . . Tishkoff, S. A. (2011). Evidence from Cameroon reveals differences in the genetic structure and histories of chimpanzee populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(12), 4766-4771.

González Galli, L. M., & Meinardi, E. N. (2011). The Role of Teleological Thinking in Learning the Darwinian Model of Evolution. *Evolution: Education and Outreach, 4*(1), 145-152.

Goren-Inbar, N., Alperson, N., Kislev, M. E., Simchoni, O., Melamed, Y., Ben-Nun, A., & Werker, E. (2004). Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya`aqov, Israel. *Science, 304*(5671), 725-727.

Gould, S. J. (1999). Dorothy, It's Really Oz. A pro-creationist decision in Kansas is more than a blow against Darwin. *Time Magazine* (23.08.1999), S. 59.

Graebsch, A., & Schiermeier, Q. (2006). Anti-evolutionists raise their profile in Europe. *Nature*, *444*(7118), 406–407.

Graf, D. (1989). *Begriffslernen im Biologieunterricht der Sekundarstufe I: empirische Untersuchungen und Häufigkeitsanalysen* (Dissertation). Frankfurt: Peter Lang.

Graf, D. (2009). Evolution – das Rückgrat der Biologie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 62* (1), 3-4.

Graf, D., & Hamdorf, E. (2011). Evolution Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In D. Dreesmann, D. Graf, K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie - Moderne Themen für den Unterricht* (S. 25-41). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Graf, D., & Lammers, C. (2011). Evolution und Kreationismus in Europa. In D. Graf (Hrsg.), *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich* (S. 9–28). Heidelberg: Springer.

Graf, D., & Schmidt-Salomon, M. (2017). *Evokids - Evolution in der Grundschule. Materialien für den Unterricht* (2. Auflage). Oberwesel/Gießen: Eigenverlag.

Graf, D., & Wieder, B. (2017). Sachunterricht Weltwissen: Eine Reise von der Urzeit bis heute – Mit Kindern Evolution erforschen (Heft 1). Braunschweig: Westermann Verlag.

Green, D. J., & Alemseged, Z. (2012). *Australopithecus afarensis* scapular ontogeny, function, and the role of climbing in human evolution. *Science, 338*(6106), 514-517.

Gregory, T. R. (2008). Understanding evolutionary trees. *Evolution: Education and Outreach, 1*(2), 121-137.

Gregory, T. R. (2009). Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach, 2*(2), 156-175.

Grehan, J. R,, & Schwartz, J.H. (2009). Evolution of the second orangutan: phylogeny and biogeography of hominid origins. *Journal of Biogeography, 36*(10), 1823-1844.

Greiten, K. (2010). *Evolution als Thema des Sachunterrichts.* (Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grundschulen im Fach Sachunterricht). Gießen: Justus-Liebig-Universität, unveröffentlicht.

Gropengießer, H. (2003a). Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 4. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Gropengießer, H. (2003b). Lernen und Lehren: Thesen und Empfehlungen zu einem professionellen Verständnis. *Report: Zeitschrift für Weiterbildungs-forschung 26* (3), 29–39.

Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 105-116). Berlin, Heidelberg: Springer.

Gross, M. (2003). Homo gets a Panning. *Current Biology, 13*(12), 464-465.

Groves, C. (2005). Geographic variation within eastern chimpanzees (*Pan troglodytes cf. schweinfurthii Giglioli*, 1872). *Australasian Primatology, 17*(2), 19-46.

Groves, C. P. (2017). The latest thinking about the taxonomy of great apes. *International Zoo Yearbook*, *52*(1), 16–24.

Groß, J. (2007). Biologie verstehen. Wirkungen außerschulischer Lernangebote. Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 16. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Groß, J., & Gropengießer, H. (2008). Warum Humanevolution so schwierig zu verstehen ist. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 3, S. 105-121). Innsbruck: Studienverlag.

Grupe, G., Christiansen, K., Schröder, I., & Wittwer-Backofen, U. (2012). Evolution des Menschen. In G. Grupe et al. (Hrsg.), *Anthropologie* (S. 3-162). Berlin, Heidelberg: Springer.

Haeusler, C., & Donovan, J. (2017). Challenging the Science Curriculum Paradigm: Teaching Primary Children Atomic-Molecular Theory. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9679-2

Hahnemann, K., & Mayer, U. (2009). *Charles Darwin - wer ist das?* Berlin: Bloomsbury Verlag.

Hallgrímsson, B., & Hall, B. K. (2005). *Variation: a central concept in biology*. New York: Elsevier Academic Press.

Hameed, S. (2015). Making sense of Islamic creationism in Europe. Public Understanding of Science, *24*(4), 388-399.

Hammann, M., & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht: Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Friedrich Verlag.

Harbin, M. A. (1997). Theistic Evolution: Deism Revisited? *Journal of the Evangelical Theological Society*, *40*(4), 639-651.

Harrison, T. (2010). Apes among the tangled branches of human origins. *Science, 327*(5965), 532-534.

Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(2), 121-134.

Hatala, K. G., Roach, N. T., Ostrofsky, K. R., Wunderlich, R. E., Dingwall, H. L., Villmoare, B. A., . . . Richmond, B. G. (2016). Footprints reveal direct evidence of group behavior and locomotion in *Homo erectus*. *Scientific Reports, 6*(1), 28766.

Hatcher, C. (2015). Effective strategies for teaching evolution: The Primary Evolution Project. *Primary Science*. 138, 25-26.

Hausfather, S. J. (1996). Vygotsky and Schooling: Creating a Social Context for Learning. *Action in Teacher Education, 18*(2), 1-10.

Hedegaard, M. (1996). How Instruction Influences Children's Concepts of Evolution. *Mind, Culture, and Activity*, *3*(1), 11–24.

Heinzel, F. (2012). Methoden und Zugänge der Kindheitsforschung im Überblick. In F. Heinzel (Hrsg.), *Methoden der Kindheitsforschung. Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive* (2. Auflage; S. 21-35). Weinheim Basel: Juventa Verlag.

Heinz-Hermann, P. (2018). Evolution und Schöpfung in der Schule – Willkommene Herausforderungen durch neue evolutionsbiologische Bildungsoffensiven. In S. Altmeyer, R. Englert, H. Kohler-Spiegel, E. Naurath, B. Schröder, F. Schweitzer (Hrsg), *Schöpfung. Jahrbuch der Religionspädagogik* (Band 34, S. 21-23).

Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
Hermann, R. S. (2011). Breaking the Cycle of Continued Evolution Education Controversy: On the Need to Strengthen Elementary Level Teaching of Evolution. *Evolution: Education and Outreach, 4*(2), 267-274.
Hermann, R. S. (2016). Elementary Education Majors' Views on Evolution: A Comparison of Undergraduate Majors Understanding of Natural Selection and Acceptance of Evolution. *Electronic Journal of Science Education*, *20*(6), 21-44.
Hermann, R. S. (2018). Preservice elementary teachers' willingness to specialize in science and views on evolution. *Evolution: Education and Outreach*, *11*(1).
Herrmann, P., French, J. A., DeHart, G. B., & Rosengren, K. S. (2013). Essentialist reasoning and knowledge effects on biological reasoning in young children. *Merrill-Palmer Quarterly*, *59*(2), 198-220.
Herrmann, P., Waxman, S. R., & Medin, D. L. (2010). Anthropocentrism is not the first step in children's reasoning about the natural world. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(22), 9979-9984.
Herries, A. I. R., Martin, J. M., Leece, A. B., Adams, J. W., Boschian, G., Joannes-Boyau, R., … Menter, C. (2020). Contemporaneity of *Australopithecus*, *Paranthropus*, and early *Homo erectus* in South Africa. *Science*, *368*(6486), eaaw7293
Hessisches Kultusministerium (2011a). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Evangelische Religion. Abgerufen 2019,von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_evreligion_prst_2011.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011b). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Islamische Religion. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_islamischer_religionsunterricht.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011c). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Jüdische Religion. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_juedische_religion_-_primarstufe.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011d). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Katholische Religion. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_kathreligion_prst_2011.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011e). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Mathematik. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_mathematik_prst_2011.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011f). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Sachunterricht. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_sachunterricht_prst_2011.pdf
Hessisches Kultusministerium (2011g). Rahmenplan Grundschule: B1 Religion: Freireligiöse Religion. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/HKM/freireligioese_religion_primarstufe.pdf
Hessisches Kultusministerium (2016). Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe. Biologie. Abgerufen 2019, von https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kcgo-bio.pdf
Hewson, P. W., & Hewson, M. (1992). The status of students' conceptions. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in physics learning: Theoretical*

issues and empirical studies – Proccedings of an International Worksop (S. 59-73). Kiel: IPN.

Hey, J. (2001). *Genes, Categories, and Species: The Evolutionary and Cognitive Cause of the Species Problem*. New York: Oxford University Press.

Heyes, P. J., Anastasakis, K., de Jong, W., van Hoesel, A., Roebroeks, W., & Soressi, M. (2016). Selection and Use of Manganese Dioxide by Neanderthals. *Scientific Reports, 6*, 22159. doi:10.1038/srep22159

Höger C. (2019). Changes and Stabilities in the Views of German Secondary School Students on the Origin of the World and of Humans from the Ages of 12 to 14 and 16: First Results of a Qualitative Empirical Longitudinal Study. In Billingsley B., Chappell K., Reiss M. (Hrsg.), *Science and Religion in Education. Contemporary Trends and Issues in Science Education* (Band 48; S. 169-188). Cham: Springer.

Höger C. (2018). Schachmatt für die Schöpfung? Empirische Befunde und religionspädagogische Herausforderungen. In S. Altmeyer, R. Englert, H. Kohler-Spiegel, E. Naurath, B. Schröder, F. Schweitzer (Hrsg), *Schöpfung. Jahrbuch der Religionspädagogik* (Band 34, S. 30-44). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Högg-Birg, K. (2011). *Die Welt als Schöpfung Gottes? Vorstellungen aus der Perspektive von Grundschulkindern in Wort und Bild. Eine vergleichende Studie zwischen BRD und USA*. München: Herbert Utz Verlag.

Hoffmann, D. L., Standish, C. D., García-Diez, M., Pettitt, P. B., Milton, J. A., Zilhão, J., . . . Pike, A. W. G. (2018). U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art. *Science, 359*(6378), 912-915.

Hoffmann, J. (2014). *Das Wirken Gottes innerhalb eines evolutiven Weltbildes: Systematische Theologie, Naturwissenschaften und. Religionspädagogik im Dialog* (Dissertation). Karlsruhe: Pädagogische Hochschule Karlsruhe.

Hsiang, A. Y., Field, D. J., Webster, T. H., Behlke, A. D. B., Davis, M. B., Racicot, R. A., & Gauthier, J. A. (2015). The origin of snakes: revealing the ecology, behavior, and evolutionary history of early snakes using genomics, phenomics, and the fossil record. *BMC Evolutionary Biology, 15*(1), 87.

Hublin, J.-J., Ben-Ncer, A., Bailey, S. E., Freidline, S. E., Neubauer, S., Skinner, M. M., . . . Gunz, P. (2017). New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens. *Nature, 546*, 289-292.

Huxley, T. H. (1863). *Evidence as to mans place in nature by Thomas Henry Huxley*. London: Williams and Norgate.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.

Inagaki, K., & Hatano, G. (1991). Constrained person analogy in young children's biological inference. *Cognitive Development, 6*(2), 219-231.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children’s conception of the biological world. *Current Directions in Psychological Science*, *15*(4), 177–181.

Ingensiep, H. W. (2013). *Der kultivierte Affe: Philosophie, Geschichte und Gegenwart*. Stuttgart: Hirzel.

Jeßberger, R. (1990). *Kreationismus: Kritik des modernen Antievolutionismus*. Berlin, Hamburg: Paul Parey.

Johannsen, M., & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zur Evolution - eine quantitative Studie. *IDB Münster, Berlin Institut Didaktik Biologie, 14*(1), 23-48.

Junker, T. (2006). *Die Evolution des Menschen* (Beck'sche Reihe 2409). München: Beck.

Kaessmann, H., Wiebe, V., Weiss, G., & Pääbo, S. (2001). Great ape DNA sequences reveal a reduced diversity and an expansion in humans. *Nature Genetics*, *27*(2), 155–156.

Kali, Y., Goodyear, P., & Markauskaite, L. (2011). Researching design practices and design cognition: contexts, experiences and pedagogical knowledge-in-pieces. *Learning, Media and Technology, 36*(2), 129-149.

Kalloch, C. (2012). „Gott hat die Welt erschaffen - aber eigentlich ist sie so entstanden...". Biblische Schöpfungsgeschichten und naturwissenschaftliche Erklärungsmodelle - ein Dilemma für Grundschulkinder? In C. Kalloch & M. Schreiner (Hrsg.), *Jahrbuch für Kindertheologie Band 11: „Gott hat das in Auftrag gegeben": Mit Kindern über Schöpfung und Weltentstehung nachdenken* (S. 53–55). Stuttgart: Calwer Verlag GmbH.

Kampourakis, K., & Minelli, A. (2014). Evolution makes more sense in the light of development. *The American Biology Teacher*, *76*(8), 493-498.

Kampourakis, K., Palaiokrassa, E., Papadopoulou, M., Pavlidi, V., & Argyropoulou, M. (2012). Children's Intuitive Teleology: Shifting the Focus of Evolution Education Research. *Evolution: Education and Outreach, 5*(2), 279-291.

Kampourakis, K., & Strasser, B. J. (2015). The Evolutionist, the Creationist, and the 'Unsure': Picking-Up the Wrong Fight? *International Journal of Science Education, Part B*, *5*(3), 271-275.

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

Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education, 34*(1), 71-96.

Kattmann, U. (1994). Menschenbild und Evolution des Menschen. *Unterricht Biologie, 18*(200), 4-13.

Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1*(1), 29-42.

Kattmann, U. (1997). Der Mensch in der Natur: Die Doppelrolle des Menschen als Schlüssel für Tier-und Umweltethik. *Ethik und Sozialwissenschaften, 8*(1), 2.

Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 11*, 165-174.

Kattmann, U. (2007a). Die Bedeutung von Alltagsvorstellungen für den Biologie-Unterricht. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie-Lernen mit Alltagsvorstellungen* (S. 2-6). *Unterricht Biologie – Kompakt, Nr. 329*. Hannover: Friedrich Verlag.

Kattmann, U. (2007b). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93-104). Berlin, Heidelberg: Springer.

Kattmann, U. (2015). *Schüler besser verstehen: Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht; zusätzliche Stichwörter zum Download*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Kattmann, U. (2017a). Die Bedeutung der Alltagsvorstellungen für den Biologieunterricht. In U. Kattmann (Hrsg.), *Biologie unterrichten mit Alltagsvorstellungen: Didaktische Rekonstruktion in Unterrichtseinheiten* (S. 6–13). Seelze: Kallmeyer.

Kattmann, U. (2017b). Geschichte und Verwandtschaft der Lebewesen. Ein Basiskonzept der Evolutionsbiologie. *Unterricht Biologie, 41*(421), 2-11.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3*(3), 3-18.

Keele, B. F., Van Heuverswyn, F., Li, Y., Bailes, E., Takehisa, J., Santiago, M. L., . . .

Hahn, B. H. (2006). Chimpanzee Reservoirs of Pandemic and Nonpandemic HIV-1. *Science, 313*(5786), 523-526.

Kelemen, D. (1999a). The scope of teleological thinking in preschool children. *Cognition, 70*(3), 241-272.

Kelemen, D. (1999b). Why are rocks pointy? Children's preference for teleological explanations of the natural world. *Developmental Psychology, 35*(6), 1440.

Kelemen, D. (1999c). Function, goals and intention: children's teleological reasoning about objects. *Trends Cogn Sci, 3*(12), 461-468.

Kelemen, D. (2003). British and American children's preferences for teleo-functional explanations of the natural world. *Cognition, 88*(2), 201-221.

Kelemen, D. (2004). Are Children „Intuitive Theists“? Reasoning About Purpose and Design in Nature. *Psychological Science*, *15*(5), 295–301.

Kelemen, D. (2012). Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. In K. S. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, & G. Sinatra (Hrsg.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (S. 66–92). Cambridge, UK: Oxford University Press.

Kelemen, D. (2019). The Magic of Mechanism: Explanation-Based Instruction on Counterintuitive Concepts in Early Childhood. *Perspectives on Psychological Science*, *14*(4), 510–522.

Kelemen, D., & DiYanni, C. (2005). Intuitions about origins: Purpose and intelligent design in children's reasoning about nature. *Journal of Cognition and Development, 6*(1), 3- 31.

Kelemen, D., Emmons, N. A., Seston Schillaci, R., & Ganea, P. A. (2014). Young children can be taught basic natural selection using a picture-storybook intervention.
Psychological science, 25(4), 893-902.

Kelley, N. P., & Pyenson, N. D. (2015). Evolutionary innovation and ecology in marine tetrapods from the Triassic to the Anthropocene. *Science, 348*(6232). doi:10.1126/science.aaa3716

Kivell, T. L. (2019). Fossil ape hints at how walking on two feet evolved. *Nature, 575*, 445-446 [Abbildung]. doi: 10.1038/d41586-019-03347-0

Knoll, A. H., & Nowak, M. A. (2017). The timetable of evolution. *Science Advances*, *3*(5), e1603076. https://doi.org/10.1126/sciadv.1603076

Koch, E. (2014). *Evolution und Schöpfung: Das Spannungsfeld im katholischen Religionsunterricht*. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH.

Kover, P. X., & Hogge, E. S. (2017). Engaging with primary schools: Supporting the delivery of the new curriculum in evolution and inheritance. *Semin Cell Dev Biol, 70*, 65-72.

Kozlik, M., Reinhard, S., Kupfer, A., & Hossfeld, U. (2013). Warum Kriechtiere heute Sauropsida heißen sollten! *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht - MNU, 66*(2), 112-115.

Kozma, E. E., Webb, N. M., Harcourt-Smith, W. E. H., Raichlen, D. A., D'Août, K., Brown, M. H., . . . Pontzer, H. (2018). Hip extensor mechanics and the evolution of walking and climbing capabilities in humans, apes, and fossil hominins. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 115*(16), 4134-4139.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice,* 41(4), 212-218.

Krupenye, C., Kano, F., Hirata, S., Call, J., & Tomasello, M. (2016). Great apes anticipate that other individuals will act according to false beliefs. *Science, 354*(6308), 110-

114.
Kruse, M. (2013). *Urmel saust durch die Zeit*. Stuttgart: Thienemann-Esslinger Verlag.
Krüger, D. (2003). Entwicklungsorientierte Evaluationsforschung – ein Forschungsrahmen für die Biologiedidaktik. In H. Vogt, D. Krüger, & U. Unterbrunner (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik. 5. Frühjahrsschule in Salzburg* (S. 11-27). Universitätsdruckerei Kassel.
Krüger, D. (2007). Die Conceptual Change-Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 81–92). Berlin, Heidelberg: Springer.
Krüger, D., & Vogt, H. (2007). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer.
Krüger, H.-H. (2006). Forschungsmethoden in der Kindheitsforschung. *Diskurs Kindheits- und Jugendforschung, 1*(1), 91-115.
Kubo, D., Kono, R. T., & Kaifu, Y. (2013). Brain size of *Homo floresiensis* and its evolutionary implications. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 280*(1760). doi:10.1098/rspb.2013.0338
Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (*3. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.
Kuckartz U., & Rädiker S. (2019). *Analyzing Qualitative Data with MAXQDA*. Cham: Springer.
Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
Kunimatsu, Y., Nakatsukasa, M., Sawada, Y., Sakai, T., Hyodo, M., Hyodo, H., . . . Mbua, E. (2007). A new Late Miocene great ape from Kenya and its implications for the origins of African great apes and humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(49), 19220-19225.
Kutschera, U. (2005). Evolution was fine, just not in the case of humans. *Nature*, 437, 951
Kutschera, U. (2008). The German anti-Darwin industry: Twentieth anniversary of a multi-media business. *Reports of the National Center for Science Education*, 28, 12-13.
Kutschera, U. (2015). *Evolutionsbiologie* (4. Auflage.). Stuttgart: UTB GmbH.
Lacruz, R. S., Stringer, C. B., Kimbel, W. H., Wood, B., Harvati, K., O'Higgins, P., … Arsuaga, J.-L. (2019). The evolutionary history of the human face. *Nature Ecology & Evolution*, 3(5), 726–736.
Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, London: The University Chicago Press.
Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft* (Dissertation). Dortmund: Technische Universität Dortmund.
Lange, K., & Ewerhardy, A. (2014). Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen. In A. Hartinger & K Lange (Hrsg.), *Sachunterricht. Didaktik für die Grundschule* (S. 35-57). Berlin: Cornelsen.
Langergraber, K. E., Prüfer, K., Rowney, C., Boesch, C., Crockford, C., Fawcett, K., . . . Vigilant, L. (2012). Generation times in wild chimpanzees and gorillas suggest earlier divergence times in great ape and human evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 109*(39), 15716-15721.
Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, *25*(9), 733–746.

Leakey, R. E. (1991). Die Frage nach den letzten Dingen. In L. Hoster & N. Tholen (Hrsg.), *Bilder vom Menschen: Philosophische Anthropologie* (S. 47–54). Stuttgart: J.B. Metzler.

Leakey, M. G., Spoor, F., Brown, F. H., Gathogo, P. N., Kiarie, C., Leakey, L. N., & McDougall, I. (2001). New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages. *Nature, 410*(6827), 433.

Lee, G., & Byun, T. (2012). An Explanation for the Difficulty of Leading Conceptual Change Using a Counterintuitive Demonstration: The Relationship Between Cognitive Conflict and Responses. *Research in Science Education, 42*(5), 943-965.

Legare, C. H., Evans, E. M., Rosengren, K. S., & Harris, P. L. (2012). The coexistence of natural and supernatural explanations across cultures and development. *Child development*, *83*(3), 779-793

Legare, C. H., Lane, J. D., & Evans, E. M. (2013). Anthropomorphizing science: How does it affect the development of evolutionary concepts? *Merrill-Palmer Quarterly, 59*(2), 168-197.

Lehrer, R. & Schauble, L. (2012) Supporting inquiry about the foundations of evolutionary thinking in the elementary grades. In Carver, S.M. & Shrager, J. (Hrsg.), *The Journey from Child to Scientist. Integrating cognitive development and the education sciences* (S. 171–205). Washington: American Psychological Association.

Lemaître, G. (1931). The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory. *Nature*, 127(3210), 706.

Lepre, C. J., Roche, H., Kent, D. V., Harmand, S., Quinn, R. L., Brugal, J.-P., . . . Feibel, C. S. (2011). An earlier origin for the Acheulian. *Nature, 477*(7362), 82.

Li, W. H., & Sadler, L. A. (1991). Low nucleotide diversity in man. *Genetics*, *129*(2), 513–523.

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

Lin, J. Y. (2007). Responses to anomalous data obtained from repeatable experiments in the laboratory. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(3), 506-528.

Locke, D. P., Hillier, L. W., Warren, W. C., Worley, K. C., Nazareth, L. V., Muzny, D. M., . . . Minx, P. (2011). Comparative and demographic analysis of orang-utan genomes. *Nature, 469*(7331), 529.

Lohaus, A. (1989). *Datenerhebung in der Entwicklungspsychologie: Problemstellungen und Forschungsperspektiven*. Bern: Huber.

Lombrozo, T., & Carey, S. (2006). Functional explanation and the function of Explanation. *Cognition, 99*(2), 167-204.

Long, J. C., & Kittles, R. A. (2003). Human Genetic Diversity and the Nonexistence of Biological Races. *Human Biology*, *75*(4), 449–471.

Lordkipanidze, D., Ponce de León, M. S., Margvelashvili, A., Rak, Y., Rightmire, G. P.,Vekua, A., & Zollikofer, C. P. E. (2013). A Complete Skull from Dmanisi, Georgia, and the Evolutionary Biology of Early *Homo*. *Science, 342*(6156), 326-331.

Lozano-Fernandez, J., Carton, R., Tanner, A. R., Puttick, M. N., Blaxter, M., Vinther, J.,. . . . Pisani, D. (2016). A molecular palaeobiological exploration of arthropod terrestrialization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 371*(1699). https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0133

Lyons, T. W., Reinhard, C. T., & Planavsky, N. J. (2014). The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature, 506*, 307-315.

MacFadden, B. J., Dunckel, B. A., Ellis, S., Dierking, L. D., Abraham-Silver, L., & Kisiel, J. (2007). Natural history museum visitors' understanding of evolution. *BioScience, 57* (10), 875-882.

Marquardt-Mau, B., & Rojek, R. (2011). Kinder auf den Spuren Charles Darwins – Evolutionsbiologie im Sachunterricht. In D. Dreesmann, D. Graf, & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie - Moderne Themen für den Unterricht* (S. 43-63). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Marsch, S. (2009). *Metaphern des Lehrens und Lernens* (Dissertation). Berlin: Freie Univ. Berlin,

Mayr, E. (1984). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt: Vielfalt, Evolution und Vererbung*. Berlin u.a.: Springer.

Mayr, E. (2000). Darwin's influence on modern thought. *Scientific American, 283*(1), 78-83.

Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (5. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Mazur, A. (2004). Believers and Disbelievers in Evolution. *Politics and the Life Sciences, 23*(2), 55-61.

McBrearty, S., & Jablonski, N. G. (2005). First fossil chimpanzee. *Nature, 437*(7055), 105.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science, 210*(4474), 1139- 1141.

McGuigan, L., & Russell, T. (2015). Using multimodal strategies to challenge early years children's essentialist beliefs. *Journal of Emergent Science*, 9, 35-41.

McHenry, H. M., & Coffing, K. (2000). Australopithecus to Homo: transformations in body and mind. *Annual review of Anthropology, 29*(1), 125-146.

McVaugh, N. K., Birchfield, J., Lucero, M. M., & Petrosino, A. J. (2011). Evolution Education: Seeing the Forest for the Trees and Focusing Our Efforts on the Teaching of Evolution. *Evolution: Education and Outreach, 4*(2), 286-292.

Mebs, G., & Lesch, H. (2015). *Evolution ist, wenn das Leben endlos spielt*. München: cbj Kinderbücher Verlag.

Medin, D., Waxman, S., Woodring, J., & Washinawatok, K. (2010). Human-centeredness is Not a Universal Feature of Young Children's Reasoning: Culture and Experience Matter When Reasoning About Biological Entities. *Cognitive development, 25*(3), 197-207.

Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., & Kingsolver, J. (2007). College students' misconceptions about evolutionary trees. *The American Biology Teacher, 69*(7), 71-76.

Meisel, R. P. (2010). Teaching tree-thinking to undergraduate biology students. *Evolution: Education and Outreach*. *3*(4), 621-628.

Meredith R., Wittmann M., & Pennings P. (2011) Evolution von Medikamenten-resistenzen. In D.C. Dreesmann, D. Graf, K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie - Moderne Themen für den Unterricht* (S. 115-150). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Meske, M. (2011). Aufbau von Wissen und Erfahrungen bei Kindern. In M. Meske (Hrsg.), *„Natur ist für mich die Welt" - Lebensweltlich geprägte Naturbilder von Kindern* (S. 99-110). Wiesbaden: Springer.

Metz, K. E., Cardace, A., Berson, E., Ly, U., Wong, N., Sisk-Hilton, S. … Wilson, M.

(2019). Primary Grade Children's Capacity to Understand Microevolution: The Power of Leveraging Their Fruitful Intuitions and Engagement in Scientific Practices. *Journal of the Learning Sciences*, *28*(4–5), 556–615.

Michalik, K. (2011). Waren Adam und Eva Vormenschen? - Zur Bedeutung philosophischer Fragen für den Unterricht. In H. Lindner & M. Zimmermann (Hrsg.), *Schülerfragen im (Religions-)Unterricht* (S. 263–276). Neukirchen-Vluyn: Neukirchener Verlag.

Michalik, K. (2012). „Adam ist der mit dem Speer! - Philosophieren mit Kindern über den Ursprung der Erde und des Lebens". In C. Kalloch & M. Schreiner (Hrsg.), *Jahrbuch für Kindertheologie Band 11: „Gott hat das in Auftrag gegeben": Mit Kindern über Schöpfung und Weltentstehung nachdenken* (S. 38–52). Stuttgart: Calwer Verlag GmbH.

Miller, J. D. (2006). Public Acceptance of Evolution. *Science*, *313*(5788), 765–766.

Miller, K. R. (1999). *Finding Darwin's God*. New York: HarperCollins.

Mindell, D. P. (2007). *The Evolving World: Evolution in Everyday Life*. Cambridge: Harvard University Press.

Mollison, J. (2004). *James and Other Apes*. London: Chris Boot.

Morabito, N. P., Catley, K. M., Novick, L. R. (2010). Reasoning about evolutionary history: post-secondary students' knowledge of most recent common ancestry and homoplasy. *Journal of Biological Education, 44*(4), 166-174.

Morris, J. L., Puttick, M. N., Clark, J. W., Edwards, D., Kenrick, P., Pressel, S., . . . Donoghue, P. C. J. (2018). The timescale of early land plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 115*(10), 2274-2283.

Morwood, M. J., Soejono, R. P., Roberts, R. G., Sutikna, T., Turney, C. S. M., Westaway, K. E., . . . Fifield, L. K. (2004). Archaeology and age of a new hominin from Flores in eastern Indonesia. *Nature, 431*(7012), 1087-1091.

Moyà-Solà, S., Köhler, M., Alba, D. M., Casanovas-Vilar, I., & Galindo, J. (2004). Pierolapithecus catalaunicus, a new Middle Miocene great ape from Spain. *Science, 306*(5700), 1339-1344.

Mulcahy, N. J., & Call, J. (2006). Apes save tools for future use. *Science, 312*(5776), 1038- 1040.

Møller Andersen, S., & Hesselholdt, A. (1998). The teaching and learning of Evolution at the primary level. In B. Andersson, U. Harms, G. Helldén & M.-L. Sjöbeck (Hrsg.), *Research in Didaktik of Biology. Proceedings of the second conference of European researcher in Didaktik of Biology* (S. 155-168). Universität Göteborg.

Möller, K. (2013). Lernen von Naturwissenschaft heisst: Konzepte verändern. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.- 9. Schuljahr* (2. korr. Aufl., S. 57-72). Bern: UTB.

Nadelson, L., Culp, R., Bunn, S., Burkhart, R., Shetlar, R., Nixon, K., & Waldron, J. (2009). Teaching evolution concepts to early elementary school students. *Evolution: Education and Outreach, 2*(3), 458-473.

Nater, A., Mattle-Greminger, M. P., Nurcahyo, A., Nowak, M. G., de Manuel, M., Desai, T.,. . . Krützen, M. (2017). Morphometric, Behavioral, and Genomic Evidence for a New Orangutan Species. *Current Biology, 27*(22), 3576–3577.

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2017). *Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Hochschule*. Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften.

Nehm, R. H., & Reilly, L. (2007). Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *BioScience, 57*(3), 263-272.

Nengo, I., Tafforeau, P., Gilbert, C. C., Fleagle, J. G., Miller, E. R., Feibel, C., . . . Spoor,

F. (2017). New infant cranium from the African Miocene sheds light on ape evolution. *Nature, 548*(7666), 169-174.

Nerdel, C. (2017). Didaktische Rekonstruktion für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Nerdel (Hrsg.), *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenz-orientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule* (S. 79-91). Berlin, Heidelberg: Springer.

Nettle, D. (2010). Understanding of evolution may be improved by thinking about people. *Evolutionary Psychology*, *8*(2), 205-228.

Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-132). Berlin, Heidelberg: Springer.

Novick, L. R., Pickering, J., MacDonald, T., Diamond, J., Ainsworth, S., Aquino, A. E., ... & Sacco, J. (2014). Depicting the tree of life in museums: guiding principles from psychological research. *Evolution: Education and Outreach*, *7*(1), 1-13.

Oberhummer, H. (2014). Kann das alles Zufall sein? Geheimnisvolles Universum. München: Goldmann Verlag.

O'hara, R. J. (1997). Population thinking and tree thinking in systematics. *Zoologica scripta*, *26*(4), 323-329.

Ohly, K.P. (2011) Evolutionstheorie und Schöpfungslehre im Biologieunterricht. In D.C. Dreesmann, D. Graf, K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie - - Moderne Themen für den Unterricht* (S. 485-503). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Oliveira, O. L., Monteiro, A. M., Roman, N. T. (2011). From concrete to abstract? Proceedings of the 16th annual joint conference on Innovation and technology in computer science education - ITiCSE '11. https://doi.org/10.1145/1999747.1999797

Osif, B. A. (1997). Evolution & religious beliefs: a survey of Pennsylvania high school teachers. *The American Biology Teacher*, *59*(9), 552-556.

Owens D.C. (2019). Overcoming Motivational Barriers to Understanding and Accepting Evolution Through Gameful Learning. In Harms U., Reiss M. (Hrsg.), *Evolution Education Re-considered* (S. 167-184). Cham: Springer.

Palumbi, S. R. (2001). Humans as the World's Greatest Evolutionary Force. Science, *293*(5536), 1786–1790.

Pascalis, O., de Haan, M., & Nelson, C. A. (2002). Is Face Processing Species-Specific During the First Year of Life? *Science*, *296*(5571), 1321–1323.

Patterson, N., Richter, D. J., Gnerre, S., Lander, E. S., & Reich, D. (2006). Genetic evidence for complex speciation of humans and chimpanzees. *Nature, 441* (7079), 1103-1108.

Pedersen, S., & Halldén, O. (1994). Intuitive ideas and scientific explanations as parts of students' developing understanding of biology: The case of evolution. *European Journal of Psychology of Education, 9*(2), 127. doi:10.1007/bf03173548

Peterson, T., & Müller, G. B. (2016). Phenotypic novelty in EvoDevo: the distinction between continuous and discontinuous variation and its importance in evolutionary theory. *Evolutionary biology, 43*(3), 314-335.

Petillon, H. (1999). *Spielen in der Grundschule. Grundlagen - Anregungen - Beispiele*. Frankfurt: Arbeitskreis Grundschule.

Phillips, B. C., Novick, L. R., Catley, K. M., & Funk, D. J. (2012). Teaching tree thinking to College students: It's not as easy as you think. *Evolution: Education and Outreach*, *5*(4), 595-602.

Piaget, J. (2003). *Meine Theorien der geistigen Entwicklung.* In: R. Fatke (Hrsg.), Jean

Piaget. Meine Theorien der geistigen Entwicklung. Weinheim: Beltz Verlag.
Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational research, 63*(2), 167-199.
Pipe, J., & Harth, K. (2015). *memo Kids. Die ersten Menschen*. München: Dorling Kindersley Verlag.
Pobiner, B. L. (2012). Use Human Examples to Teach Evolution. *The American Biology Teacher*, *74*(2), 71–72.
Pobiner, B. (2016). Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities. *American Journal of Physical Anthropology*, *159*, 232–274.
Pobiner, B., Beardsley, P. M., Bertka, C. M., Watson, & W. A. (2018). Using human case studies to teach evolution in high school A.P. biology classrooms. *Evolution: Education and Outreach*, *11*(1).
Pobiner B., Watson W.A., Beardsley P.M., & Bertka C.M. (2019). Using Human Examples to Teach Evolution to High School Students: Increasing Understanding and Decreasing Cognitive Biases and Misconceptions. In Harms U., Reiss M. (Hrsg.), *Evolution Education Re-considered* (S. 185-205). Cham: Springer.
Polk, T. A., Park, J., Smith, M. R., & Park, D. C. (2007). Nature versus Nurture in Ventral Visual Cortex: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Twins. *Journal of Neuroscience*, *27*(51), 13921–13925.
Porges, K., & Porges, A. (2017). Die Evokids-Boxen im Praxistest. Ein didaktisch-methodisches Konzept für einen inklusiven Unterricht. In B. Aamotsbakken, E. Matthes, & S. Schütze (Hrsg.), *Beiträge zur historischen und systematischen Schulbuch- und Bildungsmedienforschung: Heterogenität und Bildungsmedien* (S. 252–265). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
Poschadel, L., & Rieß, W. (2018). Vorstellungen von Grundschüler/-innen der vierten Klassenstufe zur Entstehung der Welt, des Lebens und des Menschen. Erschwert eine religiöse Sozialisation grundsätzlich den Erwerb von naturwissenschaftlichen Konzepten? *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, *22*(1), 49–62.
Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education, 66*(2), 211-227.
Puts, D. A., Jones, B. C., & DeBruine, L. M. (2012a). Sexual Selection on Human Faces and Voices. *Journal of Sex Research*, *49*(2–3), 227–243.
Prado-Martinez, J., Sudmant, P. H., Kidd, J. M., Li, H., Kelley, J. L., Lorente-Galdos, B., . . .Santpere, G. (2013). Great ape genetic diversity and population history. *Nature, 499*(7459), 471-475.
Radeva, S., & Ochel, S. (2019). *Darwins Entstehung der Arten*. München: Carl Hanser Verlag.
Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J., & Ralle, B. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen - Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht, 65*(8), 452-457.
Pressman, A., Blanco, C., & Chen, I. A. (2015). The RNA world as a model system to study the origin of life. *Current Biology, 25*(19), 953-963.
Price, R. M. (2012). How We Got Here: Evolutionary Changes in Skull Shape in Humans & Their Ancestors. *The American Biology Teacher*, *74*(2), 106–110.
Prinou, L., Halkia, L., & Skordoulis, C. (2011). The Inability of Primary School to

Introduce Children to the Theory of Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach, 4*(2), 275-285.

Prothero, D. (2008). What missing link? *New Scientist, 197*(2645), 35-41.

Prothero, D. R. (2017). *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters* (2. Auflage). New York: Columbia University Press.

Prüfer, K., Munch, K., Hellmann, I., Akagi, K., Miller, J. R., Walenz, B., . . . Winer, R. (2012). The bonobo genome compared with the chimpanzee and human genomes. *Nature, 486*(7404), 527.

Prüfer, K., Racimo, F., Patterson, N., Jay, F., Sankararaman, S., Sawyer, S., . . . Pääbo, S. (2013). The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. *Nature, 505*, 43-49.

Ramsburg, J. T., & Ohlsson, S. (2016). Category change in the absence of cognitive conflict. *Journal of Educational Psychology, 108*(1), 98.

Ranney, M. A., & Thanukos, A. (2011). Accepting evolution or creation in people, critters, plants, and classrooms: The maelstrom of American cognition about biological change. In R.S. Taylor & M. Ferrari (Hrsg.), *Epistemology and Science Education: Understanding the evolution vs. intelligent design controversy* (S.143-172). New York: Routledge.

Rauchfuß, H. (2005). *Chemische Evolution und der Ursprung des Lebens*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Reich, D., Green, R. E., Kircher, M., Krause, J., Patterson, N., Durand, E. Y., . . . Pääbo, S. (2010). Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature, 468*, 1053-1060.

Reinders, H. (2005). *Qualitative Interviews mit Jugendlichen führen: Ein Leitfaden.* München: Oldenbourg Verlag.

Reiß, W. (2012). Erhebung und Auswertung von Kinderzeichnungen. In F. Heinzel (Hrsg.), *Methoden der Kindheitsforschung. Ein Überblick über Forschungszugänge zur kindlichen Perspektive* (2. Auflage; S. 173-189). Weinheim Basel: Juventa Verlag.

Rendu, W., Beauval, C., Crevecoeur, I., Bayle, P., Balzeau, A., Bismuth, T., . . . Maureille, B. (2014). Evidence supporting an intentional Neandertal burial at La Chapelle-aux- Saints. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(1), 81-86.

Richter, D., Grün, R., Joannes-Boyau, R., Steele, T. E., Amani, F., Rué, M., . . . McPherron, S. P. (2017). The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age. *Nature, 546*, 293-296.

Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 69–79). Berlin, Heidelberg: Springer.

Riemeier, T., Jankowski, M., Kersten, B., Pach, S., Rabe, I., Sundermeier, S., & Gropengießer, H. (2010). Wo das Blut fließt. Schülervorstellungen zu Blut, Herz und Kreislauf beim Menschen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 77- 93.

Rojek, R., Marquardt-Mau, B., & Werther, J. (2012). Evolution als Thema im Sachunterricht - zwischen Instruktion und Konstruktion. In H. Giest, E. Heran-Dörr, & C. Archie (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion* (Band 22, S. 111-118). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Rosengren, K. S., Gelman, S. A., Kalish, C. W., & McCormick, M. (1991). As time goes by: Children's early understanding of growth in animals. *Child*

Development, *62*(6), 1302-1320.

Ross, N., Medin, D., Coley, J. D., & Atran, S. (2003). Cultural and experiential differences in the development of folkbiological induction. *Cognitive Development, 18*(1), 25-47.

Solberg, A. R. (2013). *The Mahdi wears Armani: An Analysis of the Harun Yahya Enterprise* (Dissertation). Huddinge: Södertörns Högskola.

Raichlen, D. A., Gordon, A. D., Harcourt-Smith, W. E. H., Foster, A. D., & Haas, Wm. R. (2010). Laetoli Footprints Preserve Earliest Direct Evidence of Human-Like Bipedal Biomechanics. *PLoS ONE*, *5*(3), e9769.

Roth, J. (2017). *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). Gießen: Justus-Liebig-Universität Gießen.

Ruff, C. B., Burgess, M. L., Ketcham, R. A., & Kappelman, J. (2016). Limb Bone Structural Proportions and Locomotor Behavior in AL 288-1 (" Lucy"). *PloS one, 11*(11), e0166095.

Russell, T., & McGuigan, L. (2015a). Why clone a sheep when they all look the same anyway? *Primary Science*, 137, 18–21.

Russell, T., & McGuigan, L. (2015b). Why are there still apes if apes have changed into people? *Primary Science*. 139, 22-25.

Russell T., & McGuigan L. (2019). Developmental Progression in Learning About Evolution in the 5–14 Age Range in England. In Harms U., Reiss M. (Hrsg.), *Evolution Education Re-considered* (S. 59-80).Cham: Springer.

Rühli, F., van Schaik, K., & Henneberg, M. (2016). Evolutionary Medicine: The Ongoing Evolution of Human Physiology and Metabolism. *Physiology*, *31*(6), 392–397.

Samarapungavan, A., & Wiers, R. W. (1997). Children's thoughts on the origin of species: A study of explanatory coherence. *Cognitive Science, 21*(2), 147-177.

Samuli, L., E., S. I., Kalle, R., & Hanna, T. (2011). Who is the closest extant cousin of humans? Total-evidence approach to hominid phylogenetics via simultaneous optimization. *Journal of Biogeography, 38*(4), 805-808.

Sandvik, H. (2008). Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics. *Theory in Biosciences*, *127*(1), 45-51.

Santana, S. E., Alfaro, J. L., Noonan, A., & Alfaro, M. E. (2013). Adaptive response to sociality and ecology drives the diversification of facial colour patterns in catarrhines. *Nature Communications*, 4(1).

Sarrazin, F., & Lecomte, J. (2016). Evolution in the Anthropocene. *Science*, *351*(6276), 922–923.

Satta, Y., Klein, J., & Takahata, N. (2000). DNA archives and our nearest relative: the trichotomy problem revisited. *Molecular phylogenetics and evolution, 14*(2), 259-275.

Scally, A., Dutheil, J. Y., Hillier, L. W., Jordan, G. E., Goodhead, I., Herrero, J., . . . Marques-Bonet, T. (2012). Insights into hominid evolution from the gorilla genome sequence. *Nature, 483*(7388), 169.

Schachner, A., Zhu, L., Li, J., & Kelemen, D. (2017). Is the bias for function-based explanations culturally universal? Children from China endorse teleological explanations of natural phenomena. *Journal of experimental child psychology, 157*, 29-48.

Schilke, K. (1999). Lernvoraussetzungen von Kindern zum Thema Dinosaurier. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5*(2), 3-14.

Schilke, K., & Weißler, B. (1999). Ob Menschen von Affen abstammen? Kinder

antworten. In H. Schreier (Hrsg.), *Nachdenken mit Kindern. Aus der Praxis der Kinderphilosophie in der Grundschule* (S. 158-170). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Schmidt, E., Roth, J., Beniermann, A., Greiten, K., & Graf, D. (2017). Fang den Frosch – ein Spiel zur evolutionären Anpassung. In D. Graf & B. Wieder (Hrsg.), *Sachunterricht Weltwissen: Eine Reise von der Urzeit bis heute – Mit Kindern Evolution erforschen* (Heft 1; S. 30-35). Braunschweig: Westermann Verlag.

Schmidt-Salomon, M. (2009). *Susi Neunmalklug erklärt die Evolution: Ein Buch für kleine und große Besserwisser*. Weinheim: Beltz Verlag.

Schmidt-Salomon, M., & Kindler, A. (2015). *Big Family – Die phantastische Reise in die Vergangenheit*. Eigenverlag.

Schneeweiß, H. (2008). *Bakterien und ihre Lebensweise verstehen lernen. Lehr-Lernforschung zur Verständnisentwicklung durch Laborarbeit, Modelleinsatz und Gespräch* (Dissertation). Hannover: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.

Schoch, R. R., & Sues, H.-D. (2015). A Middle Triassic stem-turtle and the evolution of the turtle body plan. *Nature, 523*, 584. doi:10.1038/nature14472

Scholl, S. (2002). *Welche Vorstellungen haben Grundschulkinder von der Entwicklung der Lebewesen?* (Examensarbeit im Fachbereich Didaktik der Biologie). Frankfurt am Main: Grin Verlag für akademische Texte.

Schrenk, F. (2019). *Die Frühzeit des Menschen: der Weg zum Homo sapiens* (6. Auflage). München: Beck.

Schutten, J. P., & Rieder, F. (2014). *Evolution: oder das Rätsel von allem, was lebt.* Weinheim: Beltz Verlag.

Scott, K. (2015). *Der Baum des Lebens: Die Evolution*. Weinheim: Beltz Verlag.

Sellers, W. I., Cain, G. M., Wang, W., & Crompton, R. H. (2005). Stride lengths, speed and energy costs in walking of *Australopithecus afarensis*: using evolutionary robotics to predict locomotion of early human ancestors. *Journal of The Royal Society Interface, 2*(5), 431-441.

Seoh, K. H. R., Subramaniam, R., & Hoh, Y. K. (2016). How humans evolved according to grade 12 students in Singapore. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 291–323.

Serre, D., & Pääbo, S. (2004). Evidence for gradients of human genetic diversity within and among continents. *Genome research, 14*(9), 1679-1685.

Sheehan, M. J., & Nachman, M. W. (2014). Morphological and population genomic evidence that human faces have evolved to signal individual identity. *Nature Communications*, *5*(1).

Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology, 52*(2), 170-194.

Shtulman, A., & Schulz, L. (2008). The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. *Cognitive Science, 32*(6), 1049-1062.

Shtulman, A., Neal, C., & Lindquist, G. (2016). Children's Ability to Learn Evolutionary Explanations for Biological Adaptation. *Early Education and Development*, *27*(8), 1222–1236.

Shtulman, A., & Lombrozo, T. (2016). Bundles of contradiction: A coexistence view of conceptual change. In D. Barner & A. S. Baron (Hrsg.), *Core knowledge and conceptual change* (S. 53–72). New York: Oxford University Press.

Sibley, C. G., & Ahlquist, J. E. (1987). DNA hybridization evidence of hominoid phylogeny: results from an expanded data set. *Journal of Molecular Evolution, 26*(1- 2), 99-121.

Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of

conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach, 1*(2), 189-195.

Sinatra, G. M., & Broughton, S. H. (2011). Bridging reading comprehension and conceptual change in science education: The promise of refutation text. *Reading Research Quarterly, 46*(4), 374-393.

Smithsonian Institution (2019). Australopithecus afarensis & Homo erectus [Fotos]. Abgerufen 2019, von http://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species

Sommer, C. (2002). Wie Grundschueler sich die Erde im Weltall vorstellen - eine Untersuchung von Schuelervorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 69-84.

Soressi, M., McPherron, S. P., Lenoir, M., Dogandžić, T., Goldberg, P., Jacobs, Z., . . . Texier, J.-P. (2013). Neandertals made the first specialized bone tools in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 110*(35), 14186-14190.

Sousa, A. M. M., Meyer, K. A., Santpere, G., Gulden, F. O., & Sestan, N. (2017). Evolution of the Human Nervous System Function, Structure, and Development. *Cell, 170*(2), 226-247.

Spägele, E. (2008). *Naturwissenschaftliches Vorverständnis von Schulanfängern* (Dissertation). Weingarten: Pädagogische Hochschule Weingarten.

Spoor, F., Gunz, P., Neubauer, S., Stelzer, S., Scott, N., Kwekason, A., & Dean, M. C. (2015). Reconstructed Homo habilis type OH 7 suggests deep-rooted species diversity in early Homo. *Nature, 519*(7541), 83-86.

Spörhase, U. (2012). *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (5. Auflage). Berlin: Cornelsen.

Spiegel, A. N., Evans, E. M., Frazier, B., Hazel, A., Tare, M., Gram, W., & Diamond, J. (2012). Changing Museum Visitors' Conceptions of Evolution. *Evolution: Education and Outreach*, *5*(1), 43–61.

Spitzner, A. (2014). *Entdecke die Evolution!* Berlin, Deutschland: Autumnus Verlag.

Storch, V., Welsch, U., & Wink, M. (2013a). Entfaltung der Organismen in der Erdgeschichte. In Storch et al. (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 87-217). Berlin, Heidelberg: Springer.

Storch, V., Welsch, U., & Wink, M. (2013b). Evolution des Menschen und seiner nächsten Verwandten, der nicht-humanen Primaten. In Storch et al. (Hrsg.), *Evolutionsbiologie* (S. 417-551). Berlin, Heidelberg: Springer.

Strike, K. A. & Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In R. A. Duschl & R. J. Hamilton (Hrsg.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (S. 147-176). State University of New York Press.

Strother, P. K., Battison, L., Brasier, M. D., & Wellman, C. H. (2011). Earth's earliest non- marine eukaryotes. *Nature, 473*, 505.

Sutherland, J. D. (2017). Opinion: Studies on the origin of life - the end of the beginning. *Nature Reviews Chemistry, 1*, 0012. doi:10.1038/s41570-016-0012

Suwa, G., Kono, R. T., Katoh, S., Asfaw, B., & Beyene, Y. (2007). A new species of great ape from the late Miocene epoch in Ethiopia. *Nature*, *448*(7156), 921–924.

Taddia, F., & Luciano, R. (2013). *„Warum? Darum! Evolution: Bei dir piept's wohl! Jede Menge freche Fragen zu Darwin, Dinos und Dodos*. Hamburg: Friedrich Oetinger.

Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, *75*(1), 57–67

Tashiro, T., Ishida, A., Hori, M., Igisu, M., Koike, M., Méjean, P., . . . Komiya, T. (2017). Early trace of life from 3.95 Ga sedimentary rocks in Labrador, Canada. *Nature,*

549, 516. doi:10.1038/nature24019

Tavaré, S., Marshall, C. R., Will, O., Soligo, C., & Martin, R. D. (2002). Using the fossil record to estimate the age of the last common ancestor of extant primates. *Nature, 416*, 726. doi:10.1038/416726a

Taylor, M. R., Simon, E. J., Dickey , J. L., Hogan, K. A., & Reece, J. B. (2018). *Campbell Biology: Concepts & Connections, Global Edition* (9. Aufl.). New York: Pearson Education.

Teetz, S. (2011). *Vorstellungen von Kindern im Grundschulalter zum Thema Evolution - eine empirische Untersuchung* (Bachelorarbeit). Dortmund: Technische Universität Dortmund.

Templeton, A. R. (1998). Human races: a genetic and evolutionary perspective. *American Anthropologist, 100*(3), 632-650.

Theobald, D. L. (2010). A formal test of the theory of universal common ancestry. *Nature, 465*, 219.

Trend, R. (1998). An investigation into understanding of geological time among 10- and 11-year-old children. *International Journal of Science Education*, 20(8), 973–988.

Ulmschneider, P. (2014). *Vom Urknall zum modernen Menschen: Die Entwicklung der Welt in zehn Schritten*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Van Arsdale, A. (2013). Homo erectus - a bigger, smarter, faster hominin lineage. *Nat Educ Knowl, 4*(1), 2.

Van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2010). Evolution im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 7-21.

Vázquez Ben, L. (2018). Biodiversity and evolution in the Spanish primary education curriculum. *AmbientalMENTE Sustentable, 2*(22), 21-34.

Vogl, S. (2015). *Interviews mit Kindern führen: Eine praxisorientierte Einführung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Vollmer, G. (2017). *Im Lichte der Evolution: Darwin in Wissenschaft und Philosophie*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.

Von Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2010). Misconceptions or missing conceptions? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 6*(1).

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction, 4*(1), 45-69.

Vosniadou, S. (2013). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York: Routledge

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology, 24*(4), 535-585.

Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International journal of science education, 20*(10), 1213-1230.

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and instruction, 11*(4-5), 381-419.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., & Skopeliti, X. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 3-34). New York: Routledge.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*: Cambridge: Harvard University Press.

Waggoner, B. (2003). The Ediacaran Biotas in Space and Time1. *Integrative and Comparative Biology, 43*(1), 104-113.

Wagler, R. (2010). A missing link: K-4 biological evolution content standards. *Evolution: Education and Outreach, 3*(3), 443-450.

Wagler, R. (2012). Assessing "The Framework" for Kindergarten Through Fifth Grade Biological Evolution. *Evolution: Education and Outreach, 5*(2), 274-278.

Wall, J. D. (2013). Great Ape Genomics. *ILAR Journal, 54*(2), 82-90.

Wall, J. D., & Brandt, D. Y. C. (2016). Archaic admixture in human history. *Current opinion in genetics & development, 41*, 93-97.

Walter, E. M., Halverson, K. M., & Boyce, C. J. (2013). Investigating the relationship between college students' acceptance of evolution and tree thinking understanding. *Evolution: Education and Outreach*, *6*(1), 26.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Hrsg), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 177-210). New York: Simon & Schuster and Prentice Hall International.

Waschke T., & Lammers C. (2011) Evolutionstheorie im Biologieunterricht – (k)ein Thema wie jedes andere? In D.C. Dreesmann, D. Graf, K. Witte (Hrsg.), *Evolutionsbiologie - Moderne Themen für den Unterricht* (S. 505-534). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Weiss, M. C., Sousa, F. L., Mrnjavac, N., Neukirchen, S., Roettger, M., Nelson-Sathi, S., & Martin, W. F. (2016). The physiology and habitat of the last universal common ancestor. *Nature Microbiology, 1*, 16116.

Weiß, T. (2016). *Fachspezifische und fachübergreifende Argumentation am Beispiel von Schöpfung und Evolution: Theoretische Grundlagen – Empirische Analysen – Jugendtheologische Konsequenzen*. Göttingen: V&R unipress.

Weitzel, H., & Gropengießer, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung: Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15*, 287-305.

Werth, A. J. (2009). Clearing the highest hurdle: human-based case studies broaden students' knowledge of core evolutionary concepts. *Journal of Effective Teaching*, *9*(2), 38-53.

Werther, J. (2016). *Evolutionstheorie und naturwissenschaftliche Grundbildung: Präkonzepte von Kindern zur Anpassung von Lebewesen unter Berücksichtigung des Naturzugangs* (Dissertation). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

White, B. T., & Yamamoto, S. (2011). Freshman undergraduate biology students' difficulties with the concept of common ancestry. *Evolution: Education and Outreach*, *4*(4), 680-687.

White, M., Pettitt, P., & Schreve, D. (2016). Shoot first, ask questions later: Interpretative narratives of Neanderthal hunting. *Quaternary Science Reviews, 140*, 1-20.

Whiten, A. (2011). The scope of culture in chimpanzees, humans and ancestral apes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 366*(1567), 997-1007.

Wildman, D. E., Uddin, M., Liu, G., Grossman, L. I., & Goodman, M. (2003). Implications of natural selection in shaping 99.4% nonsynonymous DNA identity between humans and chimpanzees: Enlarging genus *Homo*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100*(12), 7181-7188.

Williams, B. A., Kay, R. F., & Kirk, E. C. (2010). New perspectives on anthropoid origins. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(11), 4797-4804.

Williams, J. M., & Tolmie, A. (2000). Conceptual change in biology: Group interaction and the understanding of inheritance. *British Journal of Developmental*

Psychology, 18(4), 625-649.
Wood, B., & Collard, M. (1999). The human genus. *Science, 284*(5411), 65-71.
Wood, B., & Richmond, B. G. (2000). Human evolution: taxonomy and paleobiology. *Journal of Anatomy, 197*(Pt 1), 19-60.
Wuketits, F. M. (2005). *Darwin und der Darwinismus*. München: C.H. Beck.
Xue, Y., Prado-Martinez, J., Sudmant, P. H., Narasimhan, V., Ayub, Q., Szpak, M., . . . Cooper, D. N. (2015). Mountain gorilla genomes reveal the impact of long-term population decline and inbreeding. *Science, 348*(6231), 242-245.
Yates, T. B., & Marek, E. A. (2013). Is Oklahoma really OK? A regional study of the prevalence of biological evolution-related misconceptions held by introductory biology teachers. *Evolution: Education and Outreach, 6*(1), 6.
Yudell, M., Roberts, D., DeSalle, R., & Tishkoff, S. (2016). Taking race out of human genetics. *Science, 351*(6273), 564-565.
Zink, K. D., & Lieberman, D. E. (2016). Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans. *Nature, 531*(7595), 500-503.
Zohar, A., & Aharon-Kravetsky, S. (2005). Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(7), 829-855.
Zabel, J. (2004). Narrative Strukturen beim Lernen der Evolutionstheorie. Das Verständnis evolutiver Prozesse in Lernergeschichten zur Walevolution. In H. Vogt, D. Krüger & U. Unterbruner (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik. 6. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol in München.* (S. 95-113). Kassel: Universitätsdruckerei.
Zrzavý, J., Storch, D., & Mihulka, S. (2009). *Evolution: Ein Lese-Lehrbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

11 Anhang

Die vorliegende Arbeit verfügt über einen digitalen Anhang.

Digitaler Anhang I

Dateipfad A: Interviewleitfaden & Begleitmaterialien
Dateipfad B: Codebuch I
Dateipfad C: Interviewtranskripte – Präkonzepterhebung (B1-B17)
Dateipfad D: Kinderzeichnungen (B1-B17) & Pilotphase

Digitaler Anhang II

Dateipfad A: Prätest-Posttest & Begleitmaterialien
Dateipfad B: Codebuch II
Dateipfad C: Lehr-Lernmaterialien (Lernstationen, Lernspiel, Verlaufsplan)
Dateipfad D: Arbeitsergebnisse der Lerngruppen
Dateipfad E: Interviewtranskripte - Prä- und Post-Untersuchung (G, L, S) & Protokolle
Dateipfad F: Kinderzeichnungen (G, L, S)

Digitaler Anhang III

Dateipfad A: MAXQDA: Code-Matrix-Browser (Kategoriensystem I & II)
Dateipfad B: MAXQDA: Code-Relations-Browser (Kategoriensystem I & II)
Dateipfad C: MAXQDA: Ähnlichkeitsmatrix
Dateipfad D: MAXMaps-Modelle

Die Dateien befinden sich auf dem beiliegenden Datenträger.

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, den _____

_____

Eigenhändige Unterschrift