

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

**Konstruktvalidierung von Diagnoseaufgaben zur  
Erfassung vorunterrichtlicher  
Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung  
und Vererbung**

Sandra Kathrin Fischer

vorgelegt dem  
Institut für Biologiedidaktik  
Fachbereich Chemie und Biologie  
Justus-Liebig Universität Gießen

Gutachter:

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

Gießen, Oktober 2014

Tag der Disputation: 06.02.2015

## **Danksagung**

Für die Unterstützung und die vielen offenen Ohren während meiner Promotionszeit möchte ich all denen an dieser Stelle danken, die sich angesprochen fühlen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dittmar Graf, der mir ermöglicht hat in das Forschungsfeld der Biologiedidaktik einzutauchen. Die beratende Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen während schwieriger und leichter Phasen meiner Promotion haben mir geholfen, das Ziel zu erreichen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Ziemek für die Zweitbetreuung meiner Promotionsarbeit. Frau Prof. Dr. Witte und Herrn Prof. Dr. Wissemann danke ich für die zusätzliche Begutachtung meiner Arbeit.

Bei all meinen Kollegen und insbesondere bei meinen Mitdoktorandinnen Dr. Vera Scholz, Dr. Nina Wolf, Sabine Dreyer, Dr. Anuschka Fenner, Dr. Nicola Lammert und Christoph Lammers bedanke ich mich sehr für das angenehme Arbeitsumfeld, die vielen konstruktiven Gespräche, eine tolle gemeinsame Zeit und viele gute Erinnerungen. Ein besonderer Dank geht an Dr. Patricia Hoffmeister, von der ich gelernt habe, worauf es bei der Auswertung von Interviews ankommt und vieles mehr. Auch meinen neuen Kollegen der Universität Kassel danke ich für ihre stete Ermutigung bei der finalen Fertigstellung meiner Arbeit.

Ein großes Dankeschön geht an meine Hilfskräfte, insbesondere Kevin und Jenny, die mich sehr unterstützt haben.

Mein Dank gilt auch meinen Kollegen aus dem Projekt dortMINT, von denen ich viel über Projektarbeit und interdisziplinäre Zusammenarbeit gelernt habe.

Allen Lehrern, Schülern und Studenten, die bei der Umsetzung meiner empirischen Arbeit geholfen haben, danke ich sehr für das Mitwirken.

Danken möchte ich auch meinen Freunden für all die erholsamen Stunden und den Blick fürs Wesentliche.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meinem Freund Martin für seine unermüdliche Geduld und Unterstützung und dass er all die selbstgebastelten Dramen nicht so ernst nimmt. Meiner Familie, die mich schon seit langem begleitet und unterstützt, möchte ich zuletzt meinen ganz großen Dank aussprechen.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	vii
Tabellenverzeichnis .....	viii
Abkürzungsverzeichnis .....	xi
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Begriffsklärung: Diagnose und Diagnostik.....	3
2.2 Diagnose und individuelle Förderung.....	4
2.2.1 Diagnose und individuelle Förderung auf bildungspolitischer Ebene .....	7
2.2.2 Diagnose und individuelle Förderung im Biologieunterricht .....	8
2.3 Diagnoseinstrumente in der formativen Diagnostik .....	9
2.3.1 Multiple-Choice-Instrumente.....	11
2.3.2 Konstruktvalidität und Aufgabenanforderung .....	17
2.4 Schülervorstellungen, Verstehen und träges Wissen .....	19
2.4.1 Schülervorstellungen.....	19
2.4.1.1 Komplexität von Schülervorstellungen im Rahmen der „Conceptual Change“ Forschung.....	23
2.4.1.2 Alternative Termini für Schülervorstellungen .....	24
2.4.1.3 Abschließende Definition von Schülervorstellungen .....	25
2.4.2 Verstehen .....	25
2.4.3 Träges Wissen .....	26
2.4.4 Schülervorstellungen zur Evolution.....	27
2.4.4.1 Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution des Sekundären Bildungsbereichs .....	30
2.4.4.2 Studien zu Vorstellungen zur Evolution im tertiären Bildungsbereich .....	34
2.4.4.3 Überblick über den Forschungsstand zu Schülervorstellungen zur Evolution .....	40
2.4.5 Schülervorstellungen zur Vererbung .....	43
2.4.5.1 Überblick über den Forschungsstand zu Schülervorstellungen zur Vererbung .....	49
2.5 Evolution und Genetik im Unterricht.....	51
2.6 Theorien .....	53
2.6.1 Moderater Konstruktivismus.....	53
2.6.2 Theoretische Grundlagen der Textverarbeitung .....	54
2.6.3 Conceptual Change .....	57
<b>3 Fragestellung .....</b>	<b>58</b>
<b>4 Methoden .....</b>	<b>60</b>
4.1 Untersuchungsdesign .....	60
4.2 Stichprobe .....	60
4.3 Entwicklung der Aufgaben in der Vorstudie .....	61
4.3.1 Testinstrument.....	63
4.3.2 Datenanalyse der Vorstudie .....	68
4.4 Auswahl der Methode für die Hauptstudie .....	71

4.5	Hauptstudie.....	77
4.6	Datenanalyse.....	83
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>89</b>
5.1	Ergebnisse der Aufgabenentwicklung in der Vorstudie.....	89
5.1.1	Kriterien der klassischen Testtheorie im ersten Testdurchlauf .....	89
5.1.1.1	Itemschwierigkeit und Trennschärfe .....	90
5.1.1.2	Homogenität .....	90
5.1.2	Kriterien der klassischen Testtheorie im zweiten Testdurchlauf.....	91
5.1.2.1	Itemschwierigkeit und Trennschärfe .....	91
5.1.2.2	Homogenität .....	92
5.1.3	Distraktorenanalyse der Aufgaben in der Vorstudie .....	93
5.1.3.1	Aufgabe zur Anpassung von Eigenschaften in der ersten Testphase .....	93
5.1.3.2	Aufgabe zur Anpassung von Eigenschaften in der zweiten Testphase .....	96
5.1.3.3	Aufgabe zur Anpassung zur Bewertung von genetischen Veränderungen in der ersten Testphase.....	99
5.1.3.4	Aufgabe zur Anpassung zur Bewertung von genetischen Veränderungen in der zweiten Testphase.....	101
5.1.3.5	Aufgabe zur Selektion bei Nahrungsnot in der ersten Testphase.....	105
5.1.3.6	Aufgabe zur Selektion bei Nahrungsnot in der zweiten Testphase .....	107
5.1.3.7	Aufgabe zur Merkmalsverschiebungen über Generationen .....	109
5.1.3.8	Aufgabe zur Vererbung der Augenfarbe .....	113
5.1.3.9	Aufgabe zur Vererbung erworbener Eigenschaften .....	115
5.1.3.10	Aufgabe zur Merkmalsentstehung bei Enten .....	116
5.1.3.11	Aufgabe zur Variation innerhalb der Population.....	117
5.1.4	Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Vorstudie.....	118
5.2	Ergebnisse der Hauptstudie .....	120
5.2.1	Darstellung der Ergebnisse.....	120
5.3	Geparden-Aufgabe .....	123
5.3.1	Interview mit Peter .....	123
5.3.1.1	Geordnete Aussagen .....	123
5.3.1.2	Explikation .....	126
5.3.1.3	Einzelstrukturierung .....	128
5.3.2	Interview mit Bea .....	129
5.3.2.1	Geordnete Aussagen.....	129
5.3.2.2	Explikation .....	131
5.3.2.3	Einzelstrukturierung .....	134
5.3.3	Interview mit Justus.....	135
5.3.3.1	Geordnete Aussagen .....	135
5.3.3.2	Explikation .....	138
5.3.3.3	Einzelstrukturierung .....	142
5.3.4	Interview mit Felix .....	143
5.3.4.1	Geordnete Aussagen.....	143
5.3.4.2	Explikation .....	145
5.3.4.3	Einzelstrukturierung .....	147

---

5.3.5	Interview mit Eva.....	148
5.3.5.1	Geordnete Aussagen .....	148
5.3.5.2	Explikation .....	150
5.3.5.3	Einzelstrukturierung.....	153
5.3.5.4	Vergleich der Konzepte zur Geparden-Aufgabe.....	153
5.3.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung .....	156
5.3.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Geparden-Aufgabe.....	162
5.4	Weismann-Aufgabe .....	163
5.4.1	Interview mit Peter.....	163
5.4.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	163
5.4.1.2	Explikation .....	163
5.4.1.3	Einzelstrukturierung.....	165
5.4.2	Interview mit Bea.....	166
5.4.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	166
5.4.2.2	Explikation .....	166
5.4.2.3	Einzelstrukturierung.....	167
5.4.3	Interview mit Justus .....	168
5.4.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	168
5.4.3.2	Explikation .....	168
5.4.3.3	Einzelstrukturierung.....	170
5.4.4	Interview mit Felix.....	171
5.4.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	171
5.4.4.2	Explikation .....	171
5.4.4.3	Einzelstrukturierung.....	172
5.4.5	Interview mit Eva.....	172
5.4.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	172
5.4.5.2	Explikation .....	172
5.4.5.3	Einzelstrukturierung.....	174
5.4.5.4	Vergleich der Konzepte zur Weissmann-Aufgabe.....	175
5.4.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung .....	178
5.4.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Weissmann-Aufgabe.....	182
5.5	Wildpferde-Aufgabe .....	183
5.5.1	Interview mit Peter.....	183
5.5.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	183
5.5.1.2	Explikation .....	183
5.5.1.3	Einzelstrukturierung.....	185
5.5.2	Interview mit Bea.....	186
5.5.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	186
5.5.2.2	Explikation .....	186
5.5.2.3	Einzelstrukturierung.....	188
5.5.3	Interview mit Justus .....	189
5.5.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	189
5.5.3.2	Explikation .....	189
5.5.3.3	Einzelstrukturierung.....	191

5.5.4	Interview mit Felix .....	191
5.5.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	191
5.5.4.2	Explikation .....	191
5.5.4.3	Einzelstrukturierung .....	193
5.5.5	Interview mit Eva .....	194
5.5.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	194
5.5.5.2	Explikation .....	194
5.5.5.3	Einzelstrukturierung .....	196
5.5.5.4	Vergleich der Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe .....	196
5.5.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung.....	199
5.5.5.6	Verständnis vom Itemstamms in der Wildpferde-Aufgabe.....	204
5.6	Hasen-Aufgabe .....	205
5.6.1	Interview mit Anna.....	206
5.6.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	206
5.6.1.2	Explikation .....	206
5.6.1.3	Einzelstrukturierung .....	208
5.6.2	Interview mit Elena .....	208
5.6.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	208
5.6.2.2	Explikation .....	208
5.6.2.3	Einzelstrukturierung .....	210
5.6.3	Interview mit Moritz.....	210
5.6.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	210
5.6.3.2	Explikation .....	210
5.6.3.3	Einzelstrukturierung .....	211
5.6.4	Interview mit Kai.....	212
5.6.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	212
5.6.4.2	Explikation .....	212
5.6.4.3	Einzelstrukturierung .....	214
5.6.5	Interview mit Inka .....	214
5.6.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	214
5.6.5.2	Explikation .....	214
5.6.5.3	Einzelstrukturierung .....	216
5.6.5.4	Vergleich der Konzepte zur Hasen-Aufgabe.....	216
5.6.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung.....	219
5.6.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Hasen-Aufgabe.....	221
5.7	Buchfinken-Aufgabe .....	222
5.7.1	Interview mit Anna.....	222
5.7.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	222
5.7.1.2	Explikation .....	222
5.7.1.3	Einzelstrukturierung .....	225
5.7.2	Interview mit Elena .....	225
5.7.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	225
5.7.2.2	Explikation .....	225
5.7.2.3	Einzelstrukturierung .....	228

---

5.7.3	Interview mit Moritz .....	229
5.7.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	229
5.7.3.2	Explikation .....	229
5.7.3.3	Einzelstrukturierung .....	231
5.7.4	Interview mit Kai .....	232
5.7.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	232
5.7.4.2	Explikation .....	232
5.7.4.3	Einzelstrukturierung .....	235
5.7.5	Interview mit Inka .....	235
5.7.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	235
5.7.5.2	Explikation .....	235
5.7.5.3	Einzelstrukturierung .....	238
5.7.5.4	Vergleich der Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe .....	238
5.7.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung .....	241
5.7.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Buchfinken-Aufgabe .....	245
5.8	Augenfarben-Aufgabe .....	246
5.8.1	Interview mit Anna .....	247
5.8.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	247
5.8.1.2	Explikation .....	247
5.8.1.3	Einzelstrukturierung .....	249
5.8.2	Interview mit Elena .....	249
5.8.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	249
5.8.2.2	Explikation .....	249
5.8.2.3	Einzelstrukturierung .....	251
5.8.3	Interview mit Moritz .....	252
5.8.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	252
5.8.3.2	Explikation .....	252
5.8.3.3	Einzelstrukturierung .....	254
5.8.4	Interview mit Kai .....	254
5.8.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	254
5.8.4.2	Explikation .....	254
5.8.4.3	Einzelstrukturierung .....	256
5.8.5	Interview mit Inka .....	256
5.8.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	256
5.8.5.2	Explikation .....	256
5.8.5.3	Einzelstrukturierung .....	259
5.8.5.4	Vergleich der Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe .....	259
5.8.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung .....	262
5.8.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Augenfarben-Aufgabe .....	265
5.9	Enten-Aufgabe .....	266
5.9.1	Interview mit Anna .....	266
5.9.1.1	Geordnete Aussagen (Anhang) .....	266
5.9.1.2	Explikation .....	266
5.9.1.3	Einzelstrukturierung .....	269

5.9.2	Interview mit Elena .....	269
5.9.2.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	269
5.9.2.2	Explikation .....	269
5.9.2.3	Einzelstrukturierung .....	271
5.9.3	Interview mit Moritz.....	272
5.9.3.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	272
5.9.3.2	Explikation .....	272
5.9.3.3	Einzelstrukturierung .....	274
5.9.4	Interview mit Kai.....	275
5.9.4.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	275
5.9.4.2	Explikation .....	275
5.9.4.3	Einzelstrukturierung .....	276
5.9.5	Interview mit Inka .....	277
5.9.5.1	Geordnete Aussagen (Anhang).....	277
5.9.5.2	Explikation .....	277
5.9.5.3	Einzelstrukturierung .....	279
5.9.5.4	Vergleich der Konzepte zur Enten-Aufgabe .....	279
5.9.5.5	Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung.....	282
5.9.5.6	Verständnis des Itemstamms in der Enten-Aufgabe.....	286
<b>6</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>287</b>
6.1	Diskussion einzelner Aufgaben .....	289
6.1.1	Beantwortung der Fragestellung für die Geparden-Aufgabe .....	289
6.1.2	Beantwortung der Fragestellung für die Weismann-Aufgabe.....	299
6.1.3	Beantwortung der Fragestellung für die Enten-Aufgabe.....	305
6.1.4	Beantwortung der Fragestellung für die Wildpferde-Aufgabe.....	309
6.1.5	Beantwortung der Fragestellung für die Augenfarben-Aufgabe .....	313
6.1.6	Beantwortung der Fragestellung für die Buchfinken-Aufgabe .....	316
6.1.7	Beantwortung der Fragestellung für die Hasen-Aufgabe .....	319
6.2	Allgemeine Aspekte zur Aufgabenüberarbeitung .....	323
6.3	Abweichungen der freien von der geschlossenen Antwort .....	326
6.4	Kritische Reflektion der Methode .....	331
<b>7</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>336</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>338</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>340</b>
	<b>Anhang A: Vorstudie .....</b>	<b>379</b>
	<b>Anhang B: Hauptstudie .....</b>	<b>412</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungszyklus in der Vorstudie unter Berücksichtigung qualitativer und quantitativer Daten.....	68
Abbildung 2: Kombination der Antworten A, B und D übertragen auf das Start-Weg-Ziel Schema (unten: Zeitachse).....	291

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Entwicklungsschritte bei der Anfertigung eines Concept Inventorys.....	15
Tabelle 2.2: Diagnoseinstrumente zur Erfassung von Schülervorstellungen zu Evolution und Genetik. ....	16
Tabelle 4.1: Themenpool der Aufgaben mit häufigen Schülervorstellungen als Distraktoren. ....	65
Tabelle 4.2: Aufgabensatz für die Interviewvalidierung .....	79
Tabelle 4.3: Allgemeiner Leitfaden, aufgabenunabhängig.....	81
Tabelle 4.4: Nachfragen in den einzelnen Kontexten und besonderen Situationen.....	82
Tabelle 4.5: Umfang des Testmaterials in den verschiedenen Phasen der Testentwicklung... ..	88
Tabelle 5.1: Durchschnittliche Itemschwierigkeit ( $p_i$ ), Trennschärfe ( $r_{pb}$ ) und Streuung der Einzelwerte der Aufgaben mit vier Antwortoptionen. ....	90
Tabelle 5.2: Durchschnittliche Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Streuung der Einzelwerte der Aufgaben mit drei, vier und fünf Antwortoptionen (zusammen berechnet).....	92
Tabelle 5.3: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Geparden-Aufgabe in Test A und B. ....	93
Tabelle 5.4: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten zur Geparden-Aufgabe der Tests A und B. ....	94
Tabelle 5.5: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Geparden-Aufgabe aus Test C, D und E. ....	96
Tabelle 5.6: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten zur Geparden-Aufgabe der Tests C, D und E.....	97
Tabelle 5.7: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgaben aus Test A und B. ....	99
Tabelle 5.8: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Mutations-Aufgabe aus den Tests A und B. ....	100
Tabelle 5.9: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgaben aus Test C und D. ....	101
Tabelle 5.10: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgabe aus Test E.....	102
Tabelle 5.11: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Mutations-Aufgabe aus den Tests C, D und E.....	103
Tabelle 5.12: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test A und B. ....	105
Tabelle 5.13: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test A und B. ....	106
Tabelle 5.14: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Aufgabe zur Selektion aus Test C, D und E. ....	107
Tabelle 5.15: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test C, D und E.....	108
Tabelle 5.16: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Birkenspanner-Aufgaben aus Test D und E. ....	110

Tabelle 5.17: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Birkenspanner-Aufgabe aus Test D und E. ....	111
Tabelle 5.18: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Augenfarben-Aufgabe aus Test C und E. ....	113
Tabelle 5.19: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Augenfarben-Aufgabe aus Test C und E. ....	114
Tabelle 5.20: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Aufgaben zum Anpassungsprozess aus Test B. ....	116
Tabelle 5.21: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung. ....	128
Tabelle 5.22: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung. ....	134
Tabelle 5.23: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung. ....	142
Tabelle 5.24: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung. ....	147
Tabelle 5.25: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung. ....	153
Tabelle 5.26: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Geparden-Aufgabe (Anpassung von Eigenschaften). ....	154
Tabelle 5.27: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung. ....	165
Tabelle 5.28: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung. ....	167
Tabelle 5.29: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung. ....	170
Tabelle 5.30: Konzepte Weismann-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung. ....	172
Tabelle 5.31: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung. ....	174
Tabelle 5.32: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Weismann-Aufgabe (Ver. erworbener Eigensch.). ....	176
Tabelle 5.33: Konzepte Wildpferde-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung. ....	185
Tabelle 5.34: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung. ....	188
Tabelle 5.35: Konzepte Wildpferde-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung. ....	191
Tabelle 5.36: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung. ....	193
Tabelle 5.37: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung. ....	196
Tabelle 5.38: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Wildpferde-Aufgabe (Bewertung genetischer Veränderungen). ....	196
Tabelle 5.39: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung. ....	208
Tabelle 5.40: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung. ....	210
Tabelle 5.41: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung. ....	211
Tabelle 5.42: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung. ....	214
Tabelle 5.43: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung. ....	216
Tabelle 5.44: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Hasen-Aufgabe (Anpassungsprozess). ....	217
Tabelle 5.45 : Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung. ....	225
Tabelle 5.46: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung. ....	228
Tabelle 5.47: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung. ....	231
Tabelle 5.48: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung. ....	235
Tabelle 5.49: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe bei Inka und kategoriale Einordnung. ....	238
Tabelle 5.50: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Buchfinken-Aufgabe (natürliche Selektion). ....	239
Tabelle 5.51: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung. ....	249

---

Tabelle 5.52: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung. ....	251
Tabelle 5.53: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung. ....	254
Tabelle 5.54: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung....	256
Tabelle 5.55: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung. .	259
Tabelle 5.56: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Augenfarben-Aufgabe (Rekombination).....	260
Tabelle 5.57: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung. ....	269
Tabelle 5.58: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung. ....	271
Tabelle 5.59: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung. ....	274
Tabelle 5.60: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung. ....	276
Tabelle 5.61: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung. ....	279
Tabelle 5.62: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Enten-Aufgabe (Merkmalsentstehung bei Enten). ....	280

## Abkürzungsverzeichnis

CI – Concept Inventory

Eidech – Eidechse

Eigensch. – Eigenschaften

Eis – Eisbär

Fuchs – Polarfuchs

gen. Ver. – genetische Veränderungen

Gep – Gepard

gez. gen. – gezielte genetische Veränderung

gl. Chancen – gleiche Chancen

IRT – Item Response Theorie

Kan – Kaninchen

Koop – Kooperation

KTT – Klassische Testtheorie

lamarck. – lamackistisch

Maus – Feldmaus

MC – Multiple-Choice

nicht akz – nicht akzeptieren

Pferd – Wildpferd

Pap – Papagei

Schl – Schlange

See – Seehund

unterstütz – unterstützen

Ver. – Vererbung

Vor/Nach – Vor- und  
Nachteile

Zeb – Zebra



# 1 Einleitung

Naturwissenschaftliche Grundbildung nimmt durch die stetige Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Kenntnisstandes und dem damit verbundenen gesellschaftlichen Wandel eine wesentliche Rolle in der schulischen Ausbildung ein (Duit et al. 2001). Im Rahmen der Förderung des Verständnisses biologischer Themen kommt der Evolution eine besondere Bedeutung zu. Nach dem Leitprinzip „Nothing makes sense except in the light of evolution“ (Dobzhansky 1973) wird die Evolution bereits seit langem als Strukturierungsprinzip des Biologieunterrichts hervorgehoben (Graf 2009b). Werden grundlegende historische Aspekte und Prinzipien der Evolution verstanden, können weitere curriculare Themen im Biologieunterricht vor diesem Hintergrund vermittelt werden und das Verständnis fördern. Eine Eingliederung des Evolutionsunterrichts wird bereits für die Grundschule gefordert (z.B. Schulte von Drach 2014, Projekt Evokids) und ermöglicht in frühen Klassenstufen der Sekundarstufe I eine effektive Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Bereich der Biologie (Fenner 2013). Darauf aufbauend können biologische gesellschaftsrelevante Themen besser verstanden werden und befähigen zu fundiertem kritischem Austausch zu aktuellen Themen, wie beispielsweise der Gentechnik (vgl. Gebhard & Mielke 2001, Sadler & Zeidler 2004). Zudem sind grundlegende Kenntnisse zur Evolution zwingende Voraussetzungen für ein angemessenes Selbst- und Weltverständnis.

Im Rahmen der Verbesserung naturwissenschaftlicher Bildung wurde eine Vielzahl diagnostischer Erhebungsinstrumente entwickelt, die zur gezielten Förderung die Voraussetzungen Lernender erfassen sollen (Duit et al. 2001). Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung geeigneter Diagnoseaufgaben zu Schülervorstellungen zur Evolution wobei genauer auf die besonders verständniskritischen Themeninhalte „evolutionäre Anpassung“ und „Vererbung“ eingegangen wird. Eingebettet ist diese Arbeit in das Projekt dortMINT, das sich mit der Förderung von Diagnose und individueller Förderung in der MINT-Lehrerbildung auseinandersetzt (Hußmann & Selter 2013). In diesem Projekt werden neben der Professionalisierung angehender Lehrkräfte wesentliche Hilfsmittel zur Diagnose im Biologieunterricht der Sekundarstufe I entwickelt. Um eine gezielte Förderung zu ermöglichen, müssen zunächst praktikable diagnostische Instrumente kon-

zipiert werden, welche bislang in der Biologiedidaktik kaum vorhanden sind (vgl. Fischer et al. 2013).

Für eine zeiteffiziente Einbindung in den Unterricht bieten sich Multiple-Choice- Formate zur Diagnose an (Simkin & Kuechler 2005). Schülervorstellungen zur Evolution wurden über diese Formate bereits mehrfach erhoben. Auf der Grundlage der entsprechenden Ergebnisse werden Schlussfolgerungen zu verbreiteten Schülervorstellungen zur Evolution gezogen und Konsequenzen für den Unterricht vorgeschlagen. Für geschlossene Aufgabenformate, die bereits bei großen Stichproben eingesetzt wurden, wurde in mehreren Studien jedoch eine mangelhafte Konstruktvalidität der Aufgaben ermittelt (Schoultz et al. 2001, Harlow & Jones 2004, Jelemenská 2006b). Testinstrumente mit diesen Schwachstellen sind als Grundlage der Einschätzung von Schülervoraussetzungen ungeeignet.

Um Diagnoseaufgaben zu entwickeln, welche Schülervorstellungen zur Evolution angemessen erfassen, wurde in dieser Arbeit ein Schritt in der Entwicklung praxistauglicher Diagnoseinstrumente vorgenommen. Durch die genaue Überprüfung der Konstruktvalidität der Aufgaben, von denen einige bereits mehrfach zur Diagnose eingesetzt wurden, sollte eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung eines validen Testinstruments geschaffen werden.

*Kühner als das Unbekannte zu erforschen,  
kann es sein, das Bekannte zu bezweifeln.  
~ Alexander von Humboldt ~*



## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Begriffsklärung: Diagnose und Diagnostik

Diagnostik wird von Langfeldt & Tent (1999, S. 14) definiert als „theoretisch begründetes System von Regeln und Methoden, das der Gewinnung und Analyse von Kennwerten für inter- und intraindividuelle Merkmalsunterschiede an Personen dient.“ Hingegen beschreiben die Autoren den Begriff Diagnose als das Ergebnis der diagnostischen Tätigkeit, die eine Klassifikation oder Zuweisung einer Person zu einer Merkmalsausprägung für ein bestimmtes Merkmal darstellt (S. 15). In dieser Untersuchung wird der Begriff der Diagnostik abweichend davon in Anlehnung an Hußmann & Selter (2013) auch als Diagnose bezeichnet, wobei diese überwiegend auf den Vorgang der Generierung von Informationen über Merkmalsausprägungen bezogen wird. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Pädagogische Diagnostik, die für Fragestellungen zur Diagnose im didaktischen Rahmen relevant ist. Die in diesem Zusammenhang ermittelten Informationen dienen der Förderung individueller Lernvorgänge oder der Zuteilung von Lernenden zu Lerngruppen, Förderprogrammen und letztlich auch der Erteilung von Qualifikationen (Ingenkamp & Lissmann 2005, S. 13). Die Diagnosevorgänge können sich auf die Erfassung von Lernvoraussetzungen, den Prozess des Lernens oder die Lernergebnisse konzentrieren (Weinert, 1997, S. 661). Hußmann et al. (2007) bezeichnen dies als Lernausgangsdiaagnose, Lernprozessdiagnose und Lernergebnisdiagnose. Unterschieden werden kann zudem zwischen summativer und formativer Diagnostik oder Evaluation, wobei formative Erhebungen mit dem Ziel der anschließenden Förderung der Lernenden durchgeführt werden (Lernausgangsdiaagnose, Lernprozessdiagnose), während summative Bewertungen ein abschließendes Lernergebnis erfassen (Lernzieldiagnose) (Harlen & James 1997). Jedoch wird die Bezeichnung als summative oder formative Diagnostik im deutschsprachigen Raum seltener verwendet (Meier 2010). Eine weitere Differenzierung kann in diagnostisch (vorunterrichtlich), formativ (prozessbegleitend) und summativ (abschließend) vorgenommen werden (Harlen & James 1997). Die Unterscheidung von formativen und summativen Diagnosen eignet sich jedoch gut zur Unterteilung von Diagnosen mit dem Ziel der Förderung (Lernausgangs- und Lernprozessdiagnosen) und Lern-

zieldiagnosen. Daher werden sie zur Beschreibung im Folgenden weiter herangezogen und zwischen „diagnostisch“ und „formativ“ nicht weiter unterschieden.

In dieser Arbeit wird die Zielgruppe vereinfachend als Schüler oder Lernende bezeichnet, womit sowohl Schülerinnen als auch Schüler gemeint sind.

## 2.2 Diagnose und individuelle Förderung

Ziel der formativen Diagnostik ist die Erfassung vorunterrichtlicher Voraussetzungen oder Zwischenstände von Lernenden, um den nachfolgenden Lernprozess zu unterstützen (Pellegrino et al. 2001, S. 38). Vorunterrichtlich werden die Lernvoraussetzungen erhoben, damit diese konstruktiv in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden können. Hinsichtlich der prozessbegleitenden Diagnose heben Black & Wiliam (2010) hervor, dass bei der Vermittlung durch die Lehrpersonen Wissen an Schüler im Sinne einer „black box“ weitergegeben wird. Um zu erfahren, ob dieser „input“ auch entsprechend der Absichten verarbeitet wurde, muss der Lernprozess überprüft werden. Die Diagnoseergebnisse müssen dann in den weiteren Unterricht einbezogen und dieser entsprechend angepasst werden (Black & Wiliam 2010). Dabei wird keine Bewertung der Fähigkeiten vorgenommen. Es werden Lernstände erhoben, die zur Unterstützung des Lernprozesses hilfreich sind. Die Einteilung in „richtig“ oder „falsch“ ist dabei unangemessen, vielmehr ist eine differenzierte Analyse der Lernstände oder -prozesse erforderlich, um an den spezifischen Ursachen ansetzen zu können (Scherer & Moser-Optiz 2010, S. 22 f). Hingegen wird durch die summative Diagnostik der Lernerfolg nach einer Intervention gemessen, um zu überprüfen, was der Schüler an Wissen angereichert hat (Pellegrino et al. 2001, S. 38). Diese Diagnose ist oftmals mit einer Leistungsbeurteilung verbunden, ohne, dass daraus adaptierte Lernhilfen abgeleitet werden (Stieler 2011). Sie wird beispielsweise genutzt, um Empfehlungen für eine Schulform oder die Versetzung in eine höhere Klassenstufe vorzunehmen. Summative Diagnosen setzen somit erst am Ende eines Lernweges ein, wenn der Prozess nicht mehr unterstützt werden kann. Das konstruktive Feedback-System der formativen Diagnose ist nicht notwendigerweise auf die Rückmeldung der Lehrperson an den Schüler gebunden, die Schüler können ebenfalls Einschätzungen des Lehrers, bzw. des Unterrichts vornehmen oder über eine Selbstdiagnose ihre Zwischenstände überprüfen (Kliemann 2010). Wird den Lernenden die Möglichkeit zur Reflexion ihres Lernstandes gegeben, sind sie eher bereit sich aktiv mit ihrem Lernprozess

auseinanderzusetzen (Kliemann 2010). Treagust (2006) beschreibt den Vorteil formativer Diagnoseaufgaben darin, dass sie Lernende dazu anregen können die inhaltlichen Themen zu hinterfragen und dabei die wesentlichen Konzepte zu verstehen. Er sieht darin die Chance, dass Lernende eine nachhaltigere Lernstrategie entwickeln, die auf wirklichem Verständnis beruht und nicht nur auf auswendig gelernten Fakten. Da zunehmend selbstgesteuerte und selbstreflexive Lernvorgänge im Unterricht gefordert werden, nehmen die Lehrpersonen die Rolle des Lernprozessbegleiters ein (Schumacher & Möller-Bach 2006). Letztlich sei jedoch darauf hingewiesen, dass Lehrkräfte die Aufgabe haben, Schüler zu beraten und zu fördern, weswegen sie ständig Informationen über die Lernstände ihrer Schüler einholen sollten (Hesse & Latzko 2009, S. 52).

Lehrer sind zunehmend mit heterogenen Lerngruppen konfrontiert, deren Verschiedenheit auf kulturellen, emotionalen, sozialen, motivationalen, kognitiven und sprachlichen Unterschieden beruht (Schumacher & Möller-Bach 2006). Schüler mit diesen unterschiedlichen Bedingungen lernen in einem Klassenverband und benötigen unterschiedliche Förderungen, um effektiv und nachhaltig lernen zu können. Die individuelle Förderung von Schülern in allen Unterrichtsfächern und Schulformen hat durch die schulgesetzliche Festlegung in den vergangenen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen (z.B. Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, §1 Recht auf individuelle Förderung). Aufbauende Fördermaßnahmen können individualisiert oder differenziert gestaltet sein, wobei diese Begriffe nicht die gleiche Bedeutung haben. Die Differenzierung ist eine Einteilung von Lernenden in unterschiedliche Lerngruppen nach Fähigkeiten (Krüger & Meyfarth 2009). Individualisierter Unterricht ist zwar auf den Einzelnen ausgerichtet, beinhaltet aber auch die Mitbestimmung des Individuums hinsichtlich des Lernangebots (Kunze 2010, S. 18 f). Individuelle Förderung ist eng mit der vorgeschalteten Diagnose von Lernständen oder Ausgangsbedingungen verknüpft, ohne die eine spezifische und individuelle Förderung nicht sinnvoll ist (Helmke 2012, S. 121, Hußmann & Selter 2013). Bei der individuellen Förderung nach Kunze (2010, S. 19) geht es insbesondere um die Förderung durch die Lehrpersonen, welche auf der Grundlage der Lernvoraussetzungen individuell ausgerichtete Lernwege anleiten. „Man kann jemanden fördern, man kann eine Sache fördern, aber man kann sich nicht selbst fördern“ (Kunze 2010, S.19). Diese Bedingungen müssen Lehrende mit den sonstigen Anforderungen des Schulalltags vereinen. Entsprechend müssen die einzelnen Schritte möglichst zeiteffizient gestaltet werden, da sie sonst nicht langfristig in der Schulpraxis etabliert werden (Klippert, 2008, S. 187ff). Eine unter-

richtsbegleitende Diagnose von Lernständen vor der abschließenden Bewertung wird zwar von Lehrenden in den Unterrichtsverlauf mit einbezogen indem beobachtet, abgefragt oder wiederholt wird, allerdings reicht diese Art der Diagnose nicht aus um individuelle Unterschiede und Vorstellungen zu erfassen (Hußmann et al. 2007). Damit verbunden sind Urteilsfehler, die sich aus der subjektiven Wahrnehmung der Lehrpersonen ergeben (Schrader & Helmke 2001). Jedoch ist die Meinung verbreitet, dass gerade für eine Einstiegsdiagnose zu wenig Zeit gegeben ist. Hußmann et al. (2007) setzen dem entgegen, dass der Aufwand für die Korrektur mangelnder Lernergebnisse bei ausbleibender Diagnose entsprechend hoch sein wird. Die Autoren argumentieren weiter, dass die empirische Unterrichtsforschung gezeigt hat, dass für eine wirkungsvolle Lernsituation im Unterricht die Erfassung von Vorstellungen der Schüler zum Lerngegenstand effektiv ist. Die Ermittlung vorunterrichtlicher Vorstellungen der Lernenden soll eine Anpassung an die Voraussetzungen ermöglichen, die jeder Schüler individuell aufgrund unterschiedlicher Alltagserfahrungen mit in den Unterricht bringt.

Aktuell besteht noch Bedarf in der verstärkten Einbeziehung der beschriebenen Diagnose- und Förderansätze. Dies mag auch auf eine noch nicht allzu aussagekräftige empirische Grundlage zur Effektivität dieser Ansätze zurückzuführen sein (Kunze 2010, S. 22). Differenzierungskonzepte, die noch keine direkt vorgeschaltete Diagnose voraussetzen, werden nur mühsam integriert, oftmals zurückzuführen auf mangelnde Praktikabilität der Ansätze (Klippert 2012, S. 74). Lernzieldiagnosen gehören immer noch zu den überwiegenden Erhebungen die im Rahmen des Schulkontextes im englischsprachigen und im deutschsprachigen Raum durchgeführt werden, während formative Ansätze einen vergleichsweise geringen Stellenwert haben (Black & Wiliam 2010, Meier 2010). Solzbacher (2008) konnte in einer Studie zu Einstellungen von Lehrpersonen zur individuellen Förderung zeigen, dass viele Lehrkräfte von einem zu hohen Arbeitsaufwand ausgehen und daher den Förderkonzepten negativ gegenüber eingestellt sind. Klippert (2012, S. 75) beschreibt jedoch, dass viele Lehrkräfte in einem zeiteffizienten Rahmen Veränderungen durchaus offen gegenüberstehen. Umso mehr sollte die didaktische Forschung darum bemüht sein, praktikable Hilfsmittel bereitzustellen. Die Überprüfung von Gütekriterien geschlossener Instrumente ist ein zeitaufwendiger Prozess, der in der Schulpraxis nicht geleistet werden kann (vgl. Klieme et al. 2007). Erforderlich ist auch eine ausreichende Diagnose- und Förderkompetenz der Lehrpersonen (Kretschmann 2008), um dies zu erreichen, müssen Veränderungen nicht nur in der Unterrichtskonzeption, sondern auch in

der Ausbildung der Lehrkräfte erfolgen (vgl. Paradies et al. 2011, S. 13, Hußmann & Selter 2013).

### **2.2.1 Diagnose und individuelle Förderung auf bildungspolitischer Ebene**

Die Unterrichtsplanung durch Diagnose und individuelle Förderung war insbesondere bei der Bildungskonferenz 2010 für das Land NRW (MSW NRW 2011) ein Themenschwerpunkt. Die Förderung von Individuen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen kann demnach durch eine gezielte Diagnose und eine anschließende adaptierte Unterrichtsplanung vorgenommen werden, oder durch „mikro-adaptives“ Handeln in Lehr- Lernsituationen erreicht werden, bei welchem eine spontane Erfassung des Lernstandes in individualisierten Lernaufträgen oder –aufgaben mündet. Ausblickend wird die Notwendigkeit entsprechender Diagnosematerialien und -instrumente, sowie einer intensiveren Professionalisierung der Lehrpersonen hervorgehoben.

In den Kernlehrplänen des Landes NRW (MSW NRW 2008, Gymnasium) findet sich zwar die Forderung der Berücksichtigung vorunterrichtlicher Vorstellungen, an welche angeknüpft werden soll, die Lernausgangsdiagnose ist dabei aber nicht explizit vorgesehen. Vielmehr sollen auf der Grundlage der Diagnose des erreichten Lernstandes (Lernzieldiagnose) Vorschläge für den weiteren Lernprozess gemacht werden und Hinweise für individuelle Lernwege vorgegeben werden. Die Ergebnisse der Bildungskonferenz 2010 (MSW NRW 2011) stellen im Vergleich dazu eine deutliche Weiterentwicklung der Unterrichtskonzeption dar. Im neuen Schulgesetz für Nordrhein-Westfalen (Stand 1.7.2013) wird das Recht auf individuelle Förderung explizit festgehalten (§ 1, Abs.1). Kunze (2010, S. 14) konstatiert in diesem Zusammenhang das genaue Verständnis von individueller Förderung nach diesen Vorgaben. Es wird zwischen verschiedenen Leistungsstufen unterschieden, die gefördert werden sollen, wobei sich eine Einteilung in Gruppen abzeichnet. Die Individualisierung verliert sich dabei und eine vorgeschaltete Diagnose wird nicht erwähnt. Kunze (2010, S. 15) weist darauf hin, dass zudem die Bereitstellung materieller und personeller Ressourcen offen bleibt.

### **2.2.2 Diagnose und individuelle Förderung im Biologieunterricht**

Für den Biologieunterricht sind verschiedene Differenzierungsvorschläge bekannt, die auf die verschiedenen geforderten Kompetenzbereiche im Rahmen der Bildungsstandards abzielen (z.B. Krüger & Meyfarth 2009). Für die Kompetenzbereiche werden aktuell Diagnoseinstrumente entwickelt, die eine Voraussetzung der Förderung dieser Kompetenzen im Unterricht sind (z.B. Upmeyer zu Belzen & Krüger 2010, Terzer et al. 2013). Des Weiteren wurden insbesondere zum Kompetenzbereich Fachwissen vor dem Hintergrund des theoretischen Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann 2007, S. 93 ff) Schülervorstellungen zu den curricularen Themenschwerpunkten ermittelt, die zur Unterrichtskonzeption herangezogen werden können. Viele Studien befassten sich dabei mit der Erhebung von Vorstellungen und der Entwicklung von Leitlinien für den Unterricht (z.B. Frerichs 1999, Rutke 2006, Jelemenská 2006a). In anderen Arbeiten wurden Lernangebote entwickelt, bei denen Schülervorstellungen eine wesentliche Rolle spielten, die Konzeption orientierte sich aber nicht an der beschriebenen Vorgehensweise im Sinne der Diagnose und individuellen Förderung (z.B. Weitzel 2006, Zabel 2009, Niebert 2010). Die Arbeit von Zabel (2009) stellte individuelle Lernpfade heraus, die für einen individualisierten Unterricht hilfreich sein können. Eine gezielte Eingliederung der zuvor erfassten Schülervorstellungen war jedoch nicht Ziel seiner Arbeit. Studien, die Unterrichtskonzepte im Sinne der Diagnose und einer darauf abgestimmten individuellen Förderung evaluiert haben, sind im Bereich der Biologie bislang nicht bekannt oder noch in der Entwicklung. Damit verbunden besteht der Bedarf an praktikablen Diagnoseinstrumenten, die eine individuelle Förderung ermöglichen. Dannemann & Krüger (2010) entwickelten ein Diagnoseinstrument mit dem Schülervorstellungen zum Sehen ermittelt werden können, um diese dann für den weiteren Unterrichtsprozess zu nutzen. Ergebnisse zur anschließenden Intervention wurden bislang nicht veröffentlicht. Koslowski & Zabel (2013, S. 170) entwickeln aktuell einen geschlossenen Fragenpool, mit welchem die in Zabel (2009) herausgestellten Schülervorstellungen zu Evolution zeiteffizient ermittelt werden sollen. Dabei sollen die Lernenden verschiedener Schulformen einen Text verfassen und mit Hilfe geschlossener Aufgaben (vergleichbar mit einer Check-Liste) selbst ermitteln ob die in den Fragen genannten Vorstellungen in ihrem Text enthalten sind. Erste Ergebnisse deuten dabei auf die Einsetzbarkeit des Instruments hin.

## 2.3 Diagnoseinstrumente in der formativen Diagnostik

Die Anwendung von Diagnoseaufgaben zur Qualitätssicherung von Unterricht sollte Teil des Schulalltags sein. Lehrpersonen müssen diese kompetent anwenden können, sind aber hinsichtlich der Entwicklung geeigneter Instrumente auf die Expertise von Fachdidaktikern angewiesen, die solche Instrumente im wissenschaftlichen Kontext entwickeln (Klieme et al., 2007).

Interviews und Concept-Maps wurden in zahlreichen Studien zur Erfassung von Schülervorstellungen in verschiedenen Fachbereichen eingesetzt (Wandersee et al. 1994). Im Falle der Interviews ist der Zeitaufwand der Erhebung und Auswertung jedoch enorm, sodass Untersuchungen für eine größere Stichprobe nicht möglich sind. Concept-Maps werden bis heute kritisch hinsichtlich der Auswertungsmöglichkeiten diskutiert und erfordern zudem eine hinreichende Einführung in die Methode um dann angemessen von den Schülern angewendet werden zu können (Ruiz-Primo & Shavelson 1996). Mit Hilfe computergestützter Auswertungsprogramme (z.B. MaNET, Stracke 2003) können quantitative Parameter direkt nach dem Erstellen der Concept-Map computergestützt analysiert werden, wenn eine Experten-Map als Referenz bereitsteht (vgl. Stracke 2003, S. 120 ff). Wird auf qualitative Merkmale eingegangen, ist auch hier die Auswertung zeitaufwendig. Untersuchungen zum Informationsgehalt verschiedener Concept-Mapping Varianten, die sich hinsichtlich der Vorgaben unterscheiden, haben gezeigt, dass primär die offene Variante, ohne vorgegebene Begriffe und Relationen, Auskunft über Schülervorstellungen zu Evolution gibt (Fischer et al. 2013, S. 119 ff). Die Vorgaben beziehen sich dabei auf die Begriffe, die vernetzt werden sollen und/oder die Relationen (Verknüpfungssätze oder Wörter), die den Zusammenhang genauer erklären. Zudem erfordert die Concept-Mapping Methode eine hinreichende Kompetenz in der Anwendung, hinsichtlich der sowohl Lernende als auch Lehrkräfte geübt sein müssen (vgl. Conradt & Bogner 2010). In der Untersuchung von Fischer et al. (2013) waren für angehenden Lehrkräfte dazu mehrere Übungseinheiten nötig. Die offene Variante hat den Nachteil, dass sie keine schnelle Auswertung ermöglicht und daher nicht praktikabel für den Schulalltag ist. Für die Anwendung in der Schulpraxis müssen Instrumente entwickelt werden, die dem Anspruch genügen, individuelle Vorstellungen hinreichend, zeiteffizient und objektiv erfassen zu können. Eine intuitive Bestandsaufnahme im Verlauf des Unterrichts, wie sie in den meis-

ten Fällen vorgenommen wird, mag zwar zusätzlichen Bearbeitungsaufwand umgehen, wird aber nicht unbedingt dem Anspruch nach Objektivität gerecht (Scherer 2010, S. 33).

Zur Erfassung von Lernständen können viele verschiedene Erhebungsverfahren genutzt werden (Übersicht in Wesman 1971, Eckert 1998, S. 51 ff, Chin & Teou 2010). Unterschieden werden können dabei geschlossene und offene Formate (Stieler 2011). In geschlossenen Formaten sind die Antwortoptionen bereits vorgegeben und der Lernende muss eine oder mehrere der Auswahlmöglichkeiten auswählen (für Multiple-Choice-Instrumente). In offenen Formaten (z. B. Interviews, offene schriftliche Aufgaben, offene Concept-Maps) sind keine Vorgaben zur Beantwortung der Aufgaben vorhanden und die Lernenden müssen selbst eine Antwort mit eigenen Formulierungen generieren (Lamnek 2005, S. 345). Bei der Auswertung offener Formate ist es besonders wichtig Kriterien festzulegen, nach denen ausgewertet werden soll, um die Objektivität der Beurteilung zu gewährleisten (Stieler 2011). Zwar werden formative Diagnosen nicht bewertet, die Generierung aussagekräftiger Ergebnisse ist aber auch für dieses Verfahren wesentlich. Lückentexte, in denen Lernende freie Felder in einem Text ausfüllen müssen, stellen eine Übergangsform von offenem und geschlossenem Format dar (vgl. Graf 2001). Die Teilnehmer müssen zwar selbst ein Füllwort finden, der Kontext ist jedoch vorgegeben (Stieler 2011).

Die Methoden können je nach Zielgruppe und zu erfassenden Wissensaspekten ausgewählt werden. Für Lernende mit sprachlichen Defiziten oder besonders junge Schüler eignen sich beispielsweise Concept-Cartoons und Schülerzeichnungen, mit Hilfe derer Schülervorstellungen bildhaft transportiert werden (Naylor & Keogh 2000, Reiss et al. 2002, Chin & Teou 2010). Weitere Verfahren neben den Concept-Maps (Fisher et al. 2000, Graf 2009a) und Interviews (Kluwe 1988, Lamnek 2005) sind Sortier-, Assoziations- und Rating- Verfahren (Kluwe 1988, Eckert 1998), schriftliche offene Aufgaben (Nehm & Schonfeld 2008), Lückentexte (Klauer 2001), Portfolios (Kliemann 2010, Kretschmann 2006), Lerntagebücher (Weber-Förster 2010, S. 155, Holzäpfel et al. 2010), Check-Listen (Kliemann 2010), Kompetenzraster (Merziger 2010) oder Multiple-Choice-Tests (Treagust 1988, D'Avanzo 2008). Naveh-Benjamin et al. (1995) beschreiben Concept-Maps als direkte Verfahren, während die anderen genannten Erhebungsmethoden nur indirekt die kognitiven Strukturen eines Lernenden erfassen (vgl. Novak et al. 2006). Diese Perspektive orientiert sich stark an den kognitionspsychologischen Annahmen über



die Speicherung von Wissensstrukturen im Gedächtnis (vgl. Ausubel et al. 1980) und der vergleichbaren Externalisierung durch Concept-Maps.

### 2.3.1 Multiple-Choice-Instrumente

Quantitative Erhebungsinstrumente wie Multiple-Choice-Tests erfüllen die Kriterien einer relativ schnellen und objektiven Auswertung der Schülervorstellungen. Zudem sind sie für Lehrpersonen leicht anwendbar, während beispielsweise das Erreichen aussagekräftiger Interviews, abgesehen von dem zeitlichen Aufwand, ein hinreichendes Training erfordert (Treagust 1986).

Multiple-Choice-Aufgaben bestehen meistens aus zwei bis vier Antwortoptionen, von denen eine (single-choice) oder mehrere richtig sind (Burton et al. 1991, Rodriguez 2005). Die falschen Antworten (Distraktoren) beruhen entweder auf häufigen Schülervorstellungen, die zu den entsprechenden Themeninhalten in qualitativen Studien ermittelt wurden oder aus anderen falschen Aussagen.

Multiple-Choice-Aufgaben werden aus verschiedenen Gründen häufig genutzt. Dazu gehören nach Tamir (1991) die Einsetzbarkeit für große Stichproben, die Objektivität bei der Erhebung und Auswertung und die schnelle, teilweise computergestützt durchführbare Auswertung der Daten (vgl. Simkin & Kuechler 2005). Durch diese Vorteile sind Multiple-Choice-Aufgaben sowohl für Forschungszwecke als auch für die praktische Anwendung in Bildungseinrichtungen wie Schule oder Universität geeignet.

Für Multiple-Choice-Tests wurden verschiedene Aufgabenformate entwickelt, die entsprechend der Verwendungszwecke eingesetzt werden (vgl. Übersicht in Hutchinson 1991, S. 81). Unterschiedliche Varianten wurden zudem zur Verbesserung kritischer Aspekte der Methode konzipiert. Multiple-Choice-Aufgaben stehen häufig in der Kritik, die Vorstellungen der Schüler nicht hinreichend erfassen zu können (Briggs et al. 2006). Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass verschiedenste Störvariablen wie Kontextabhängigkeit und linguistische Verständnisschwierigkeiten bei der Erfassung von Schülervorstellungen, z.B. mit Multiple-Choice-Formaten, hindernd sein können (Clerk & Rutherford 2000, Griffard & Wandersee 2001, Nehm & Ha 2011, Dannemann & Krüger 2010, Heredia et al. 2012). Zudem können Schlüsselaspekte, wie eine fachbezogene Wortwahl, auf die richtige Antwort hindeuten (Kap. 2.3.2). Die Vergleichbarkeit von offenen Aufgabenformaten und Multiple-Choice-Aufgaben wird im Hinblick auf die Rate-

wahrscheinlichkeit diskutiert, da bei offenen Aufgaben die Möglichkeit zu Raten gegen null geht, während sie bei vorgegebenen Antwortalternativen, insbesondere dann, wenn die Antworten Hinweise geben, erhöht ist (Kuechler & Simkin 2010). Zur Reduzierung der Ratewahrscheinlichkeit, die seit langem im Fokus der Verbesserung von Multiple-Choice-Instrumenten steht, wurden verschiedene Ansätze entwickelt. Betts et al. (2009) und Davies (2002) haben dazu ein System konzipiert, bei welchem falsche Antworten Abzugspunkte erbringen, sodass die Lernenden die Aufgaben versuchen richtig zu lösen anstatt zu raten (vgl. Tamir 1991, vgl. Rød et al. 2010). Kubinger et al. (2010) haben ein Testformat erstellt, bei welchem zwei richtige Antworten unter den Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden müssen, um einen Punkt für die richtige Aufgabenbearbeitung zu bekommen. Um auch Teilwissen zu erfassen und gleichzeitig die Ratewahrscheinlichkeit zu berücksichtigen hat Bush (2001) ein Format angewendet, bei welchem mehrere Antworten (max. 3 von 4) ausgewählt werden dürfen. Falsche Antworten ergeben Abzugspunkte. Ist zusätzlich die richtige unter den ausgewählten Antworten, werden diese dazugerechnet. Die volle Punktzahl erhält nur derjenige, der die richtige Antwort als einzige Antwort auswählt. Formate die eine Punktvergabe vorsehen, sind jedoch an eine Leistungsbewertung gebunden, die zum Zweck der summativen Diagnose vorgenommen wird. Seit langem werden zur Minimierung der Ratewahrscheinlichkeit zweistufige Aufgaben konzipiert, die zusätzliche zur Antwortwahl auch noch eine passende Begründung erfordern (Tamir 1989, Treagust, 1988, Treagust 1995, Odom & Barrow 1995, Caleon & Subramaniam 2010a). Die Aufgabe wird erst dann als richtig gelöst bewertet, wenn beide Aufgabenteile richtig sind. Die Begründungen haben dabei den Vorteil, dass sie zum einen präzisere Informationen über die Schülervorstellungen liefern, zum anderen aber auch ein schnelles und unüberlegtes Ankreuzen einer Antwort verhindern (Tamir 1991). Die Angabe von Begründungen ermöglicht zudem erst eine umfassende Erfassung von Schülervorstellungen, die sonst nicht hinreichend nachvollzogen werden können (Griffard & Wandersee 2001). Tamir (1989) hat in diesem Rahmen eine Variante entwickelt, in welcher die richtige Antwort bereits vorgegeben ist und sich die Lernenden auf die Auswahl einer angemessenen Begründung konzentrieren können. Dadurch können bestimmte Phänomene gezielt hinsichtlich eines adäquaten Verständnisses überprüft werden. Die zweite Stufe der Testbearbeitung (Begründung) kann sowohl als offenes Antwortfeld, oder zur Erleichterung der Auswertung, ebenfalls als Multiple-Choice-Format gestaltet sein. Werden Multiple-Choice-Tests computergestützt entwickelt, können diese einer Schwachstelle mehrstufiger Multiple-Choice-Tests entgegenwirken. Das computerge-

stützte Format von Tsai & Chou (2002) zeigt dabei die erste Aufgabenstufe gesondert an, sodass die Lernenden noch nicht die Begründungsstufe sehen können, wenn sie eine Antwort auswählen. Sie wollen damit das Risiko der wechselseitigen Auswahlbeeinflussung durch die Begründungs- und die Antwortstufe verhindern. Testnehmer müssen sich somit unabhängig von den Begründungen für eine Antwort entscheiden. Die zweistufigen Tests (two-tier) können noch erweitert werden um eine dritte Stufe (three-tier), bei welcher zusätzlich zu den ersten beiden Aufgabenanforderungen (Antwortauswahl und Begründung) das Sicherheitsempfinden mit der Antwortwahl vom Lernenden eingeschätzt werden soll (vgl. Hutchinson 1991, S. 88, Gardner-Medwin 2006, Caleon & Subramaniam 2010b, Arslan et al. 2012). Durch die eigene Einschätzung der Auswahlicherheit soll die Entschiedenheit der Lernenden mit ihrer Antwortwahl erfasst werden. Besonders plausible Antwortoptionen können dabei identifiziert werden, genauso wie Antworten, bei denen sich die Lernenden sehr unsicher sind. Die Angabe des Sicherheitsempfindens soll auf einer Ratingskala mit äquidistanten Stufen von „sehr sicher“ bis „sehr unsicher“ eingeschätzt werden. Davies (2002) entwickelte alternativ dazu ein Multiple-Choice-Format mit typischen Sicherheitsempfindungen bei Lernenden, die als Antwortmöglichkeiten ausformuliert sind (Beispiel: I really haven't a clue). Gleichzeitig erfasst er dabei die Gründe der Auswahl, die im Zusammenhang mit dem Sicherheitsempfinden stehen (Beispiel: I'm not quite sure, now I see the answers I know it). Dabei hält er sich eng an die Sprache der Zielgruppe. Um die Sicherheit mit der Auswahl der Antwort und der Begründung unterscheiden zu können, haben Caleon & Subramaniam (2010a) einen vierstufigen Test entwickelt. Die vierstufige Testform wird von den Autoren als besonders informatives Testinstrument bezeichnet, da es zeigt, ob die Testnehmer bereits mit der Antwortwahl unsicher sind, oder erst bei der Begründung. Gleichzeitig merken sie an, dass mit zunehmenden Aufgabenteilen der Bearbeitungsumfang des Tests zunimmt. Wird ein Test zu zeitaufwendig, ist er nicht mehr in den Schulalltag integrierbar und gleichzeitig nimmt das Risiko einer unsauberen Aufgabenbearbeitung durch die Schüler zu. Hinzu kommt, dass der Aufgabenumfang gering gehalten werden muss, wodurch beispielweise die Berechnung der internen Konsistenz erschwert wird.

Die klassische Multiple-Choice-Variante zur Erfassung von Schülervorstellungen enthält neben der richtigen Antwort alternative Schülervorstellungen als Distraktoren (falsche Antworten), die häufige Vorstellungen der Schüler darstellen. Innerhalb der Auswahl einer Antwort können sich die Aufgabenanforderungen unterscheiden, indem Antworten

hinsichtlich ihrer Richtigkeit bewertet werden oder aus einem Antwortpool die beste Antwort ausgewählt werden soll (Tamir 1990). Letztere Variante kann genutzt werden, um das genaue fachliche Verständnis zu überprüfen und dient weniger der Erfassung alternativer Vorstellungen. Tamir merkt dabei an, dass in einer offenen Antwort lediglich oberflächliche Antworten gegeben werden und die „beste Antwort“-Variante genauere Informationen zur Reichweite des fachlichen Verständnisses hervorbringt. Im Hinblick auf die Erfassung verschiedener Level im Lernprozess können die Distraktoren auch nach typischen Leistungsebenen ausgewählt werden, welche die Verständnisebene der Lernenden erfassen sollen (Briggs et al. 2006, Herrmann-Abell & DeBoer 2011). Diese Formate setzen voraus, dass in dem Themenfeld, für welches ein Testinstrument entwickelt wird, verschiedene Verständnislevel hinreichend untersucht bzw. konstruiert worden sind.

Werden häufige Schülervorstellungen als falsche Antworten eingesetzt, wird durch die damit verbundene Plausibilität der Antworten die Ratewahrscheinlichkeit zusätzlich minimiert (Tamir 1971, vgl. Hestenes & Halloun 1995). So kann neben der Erfassung der konkreten alternativen Vorstellungen der Schüler auch dem kritischen Aspekt der Ratewahrscheinlichkeit entgegengewirkt werden.

Die häufigsten verständniskritischen Schülervorstellungen zu einem übergeordneten Thema wurden in vielen Fächern zur Entwicklung von Concept Inventories (CI) genutzt. Das sind Aufgabeninventare im Multiple-Choice-Format, die zum Zwecke der formativen Diagnose entwickelt wurden und Fehlvorstellungen zu den wesentlichen Konzepten des Curriculums ermitteln (Garvin-Doxas & Klymkowsky 2008). Die Distraktoren, die häufige Schülervorstellungen sind, werden dabei nah an den Formulierungen der Lernenden gehalten. Diese Instrumente werden oftmals in langjährigen Studien mit hohen Stichproben entwickelt, wobei das Erfassen der häufigen Schülervorstellungen Teil der Entwicklung ist. Garvin-Doxas & Klymkowsky (2008) und Knight (2010) beschreiben den Entwicklungsprozess eines Concept Inventoriums (Tabelle 2.1), wobei Garvin-Doxas & Klymkowsky überwiegend qualitative Entwicklungsschritte angeben.

Tabelle 2.1: Entwicklungsschritte bei der Anfertigung eines Concept Inventorys.

1. Sichtung der Literatur zu bereits ermittelten Fehlvorstellungen zu dem Thema

---

2. Auswahl der wesentlichen Konzepte und Themenschwerpunkte durch Experten, bzw. allgemein festgelegte Schwerpunkte

---

3. Interviews mit Vertretern der Zielgruppe oder offene schriftliche Fragen, um die Vorstellungen und Formulierungen zu den wesentlichen Themen zu erfassen

---

4. Entwicklung eines vorläufigen Aufgabeninventars auf der Grundlage der Schüler-vorstellungen und Formulierungen der Zielgruppe

---

5. Validierung der Aufgaben durch Interviews mit Vertretern der Zielgruppe und Ex-pertenvalidierung

---

6. Evaluierung des Instruments unter Berücksichtigung der Kriterien der Testanalyse (Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Reliabilität)

---

7. Gegebenenfalls Überarbeitung der Aufgaben

---

Statt der Bezeichnung als Concept Inventory nutzen andere Autoren die allgemeinere Umschreibung „Diagnoseinstrument“ (Hernandez-Rivera 1993, Caleon & Subramaniam 2010a,b). D`Avanzo (2008) und Knight (2010) stellten in ihren Reviews eine Übersicht zu den bereits entwickelten CIs in der Biologie zusammen. Zudem haben Fisher & Williams (2012) eine Liste der bislang entwickelten Instrumente in der Biologie veröffentlicht, die online einsehbar ist. Die entwickelten Tests wurden entweder mit den Artikeln veröffentlicht oder können bei den Autoren angefordert werden. Die von D`Avanzo, Knight und Fisher & Williams zusammengetragenen Ergebnisse, sowie weitere Quellen für Evo-lution und Genetik sind in

Tabelle 2.2 zusammengestellt.

Tabelle 2.2: Diagnoseinstrumente zur Erfassung von Schülervorstellungen zu Evolution und Genetik.

Themenbereich	Instrument	Quelle
Evolution	Concept Inventory of natural selection (CINS)	Anderson et al. (2002)
	Measure of Understanding of Macroevolution (MUM)	Nadelson & Southerland (2010)
	Basic tree thinking Assessment	Baum et al. (2005)
	Evolutionary Trees (Instrument)	Meir et al. (2007)
Genetik	Diagnostic test: Mendelian genetics and meiosis	Hernandez-Rivera (1993)
	The genetics concepts assessment (GCA)	Parker et al. (2008)
	Genetics Concept Assessment	Smith et al. (2008)
	Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates	Bowling et al. (2008)
	Genetics Literacy	Tsui & Treagust (2009)
Allgemein	Biology Concept Inventory (BCI)	z. B. Klymkowsky & Garvin-Doxas (2008)

Im Bereich der Evolution werden die seit längerem diskutierten Vorstellungen von Lernenden zur natürlichen Selektion in ein Diagnoseinstrument umgesetzt (CINS). Settlage & Odom (1995, in Nadelson & Southerland 2010 und Anderson et al. 2002) haben mit ihrem Testinstrument zur Erfassung von Vorstellungen zur natürlichen Selektion bereits Grundlagen für die Erstellung des CINS geschaffen (Anderson et al. 2002, Nadelson & Southerland 2010). Erst seit jüngerer Zeit tritt auch die Bedeutung der Makroevolution in den Vordergrund und wird in Testinstrumenten thematisiert (z.B. MUM). Dabei werden langfristige und historische Prozesse der Evolution behandelt (z.B. Artbildung und höhere Taxa), die von der Mikroevolution (kurzzeitige Prozesse, z.B. natürliche Selektion) unterschieden werden (z.B. Catley 2006). Diagnoseinstrumente im Bereich der Genetik, wie auch das allgemeine Instrument zur Biologie (BCI) enthalten Konzepte zur Mitose und Meiose, sowie Genexpression, die für Lernende mit Vorkenntnissen oder höherer Altersstufen, bzw. Studenten, geeignet sind. Basale Vorstellungen zur Vererbung wurden lediglich in dem CINS von Anderson et al. (2002) berücksichtigt oder nur ansatzweise integriert (vgl. Bowling et al. 2008).

### 2.3.2 Konstruktvalidität und Aufgabenanforderung

Einer der meist diskutierten Aspekte in der Entwicklung geeigneter Diagnoseinstrumente zur Ermittlung von Wissensstrukturen ist die Tatsache, dass unterschiedliche Diagnosemethoden verschiedene Wissensaspekte erheben (Martinez 1999, vgl. Tergan 1989b<sup>1</sup>) und entsprechend alternative Methoden zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Da auf den Ergebnissen der Diagnose Unterricht aufgebaut wird, kommt der Auswahl einer Methode erhebliche Bedeutung zu. Selbst innerhalb einer Methode ermitteln unterschiedliche Varianten, wie sie bei Multiple-Choice-Formaten oder Concept-Maps gegeben sind, verschiedene Wissensaspekte (Ruiz-Primo & Shavelson 1996), z. B. deklaratives und komplexes Wissen (vgl. Fischler & Peukert 2000, S. 18).

Die Aufgabenanforderung in bestimmten Aufgabenformaten (z.B. geschlossen wie MC oder offen wie Interview) kann für die Ermittlung verschiedener Wissensaspekte verantwortlich sein (Martinez 1999). Bei Multiple-Choice-Aufgaben, in denen häufige Fehlvorstellungen als Distraktoren verwendet werden, stammen diese meistens aus qualitativen Erhebungen mit Interviews oder offenen schriftlichen Aufgaben. Die ermittelten Konzepte werden dann aus dem größeren Zusammenhang der offenen Äußerung extrahiert und in einem MC-Format operationalisiert. Durch die Vorgabe von Antwortmöglichkeiten werden Gedächtnisstrukturen erfasst, die durch Wiedererkennen aktiviert werden (Eckert 1998, S. 44, vgl. Rickheit et al. 2002, S. 43 f, Sadler 2000, S. 256, Bortz & Döring 2009, S. 215). Darin unterscheiden sie sich von offenen Formaten, in denen Wissen frei generiert werden muss, ohne den Bezug zu Vorgaben, außer dem Fragekontext. Eckert (1998, S. 43, vgl. Rickheit et al. 2002, S. 43 f) beschreibt diesen Prozess als freies Erinnern.

Im diesem Zusammenhang wurden überwiegend Vergleiche zwischen offenen schriftlichen Aufgaben und Multiple-Choice-Aufgaben untersucht (Traub & Fisher 1977, Martinez 1999, Rodriguez 2003). Die Vergleichbarkeit der Erhebungsmethoden wird dabei in einigen Studien als angemessen beschrieben (Walstad & Becker 1994, Rodriguez 2003, Dannemann & Krüger 2010, Kastner & Stangla 2011), andere Autoren lehnen diese wiederum ab (Simkin & Kuechler 2003, Kuechler & Simkin 2010).

---

<sup>1</sup> Tergan beschreibt die Entwicklung von Diagnoseverfahren vor dem Hintergrund methodologischer Fragen des empirischen Zugangs zu mentalen Repräsentationen. Diese psychologische Perspektive ist jedoch nicht Ziel der didaktisch ausgerichteten Arbeit und wird daher nicht genauer betrachtet.

Vor diesem Hintergrund der Aufgabenkonstruktion wird die Vergleichbarkeit der frei geäußerten Vorstellungen der Schüler im Interview mit ihrer Bewertung der Antwortoptionen in der Fragestellung dieser Arbeit berücksichtigt.

Ein wesentliches Problem bei der Erfassung von Schülervorstellungen mit Hilfe von geschlossenen Aufgaben ist die Konstruktvalidität (Kap. 4.4). Die Antwortwahl entspricht oftmals nicht einem hinreichenden Verständnis des Testnehmers von den Antwortinhalten. Meyerhöfer (2005) spricht dabei von einer konstitutiven Asymmetrie und der entsprechenden Abweichung im Anliegen von Testern oder Testentwicklern und der Auffassung des Testteilnehmers. Trotz Berücksichtigung der Formulierungen der Zielgruppe kann dabei die dem Aufgabenkonstrukteur eigene Satzkonstruktion zu einem abweichenden Verständnis bei der Zielgruppe führen (Kap. 2.6.2, Textverständnis). Selbst bei Tests, die in aufwendigen und langjährigen Verfahren entwickelt wurden und die plausible Schülervorstellungen als Distraktoren verwenden, entspricht die Antwortauswahl oftmals nicht den eigentlichen Vorstellungen des Lernenden. Dies wird über die qualitative Überprüfung der Vorstellungen der Lernenden und des Verständnisses von den Aufgaben festgestellt (z.B. Yaroch 1991). So konnten Dufresne et al. (2002) für das Force Concept Inventory (FCI) (Vorstellungen zur newtonschen Mechanik, Hestenes et al. 1992) zeigen, dass die Auswahl der richtigen Antwort oftmals nicht mit einem Verständnis der Hintergründe der Inhalte verbunden war und so zu potentiellen Fehlinterpretationen über die Vorstellungen des Testnehmers führten. Die nachträgliche Überprüfung und kritische Betrachtung von bereits häufig genutzten Multiple-Choice-Inventaren wurde auch für das CINS (Concept Inventory of Natural Selection) (Nehm & Schonfeld 2008), für den MUM (Measure of Understanding of Macroevolution) (Novick & Catley 2012) und für Aufgaben aus einer TIMSS Studie (Olsen et al. 2001) vorgenommen. Zudem haben Schoultz et al. (2001), Harlow & Jones (2004) und Simkin & Kuechler (2005) gezeigt, dass Testaufgaben mit Schülervorstellungen als Antwortmöglichkeiten trotz der gängigen quantitativen Entwicklungsverfahren oftmals eine ungenügende Konstruktvalidität aufweisen.

Weitere konstrukt-irrelevante Varianzen können Einfluss auf die Konstruktvalidität von Items nehmen (Messick 1995, Bühner 2011, S. 66 f). Dazu gehört die Aufgabenschwierigkeit, die für die Zielgruppe ungeeignet sein kann, weil einige Individuen nicht in der Lage sind, die Aufgabe angemessen zu bearbeiten. Dies kann zum Beispiel durch besondere Anforderungen in der Lesekompetenz erfolgen (vgl. Haladyna et al. 2002, vgl. Kaplan & Saccuzzo 2009, S. 137). Das ist insbesondere für jüngere Schüler von Bedeutung



oder für solche, die mangelnde Sprachkenntnisse haben. Dazu können auch Wörter gezählt werden, die unter Umständen für viele Angehörige der Zielgruppe unbekannt sind (z.B. Fachtermini) (vgl. Jonkisz et al. 2012, S. 65). Hingegen kann eine Testaufgabe auch zu leicht sein, wenn Hinweise im Test die Auswahl der richtigen Antwort vereinfachen. Tritt die richtige Antwort beispielsweise durch eine auffällige wissenschaftliche Formulierung hervor, schließen viele Schüler allein durch die Formulierung auf die richtige Antwort (Gronlund 1993, S. 54, Taylor & Smith 2009). Diese Varianzen können dabei stark abhängig von dem Kontext sein, der sogenannte „clues“ (Hinweise) bereitstellt, auf Grund dessen dann die Beantwortung einfacher wird (Messick 1995). Letztlich gibt es viele Strategien, die zur richtigen Lösung führen, nicht aber auf dem zu erfassenden Wissen beruhen (Leighton & Gokiert 2005). Sind Testteilnehmer nicht motiviert, einen Test angemessen zu bearbeiten oder versuchen sie eine Antwort aus Gründen der sozialen Erwünschtheit zu wählen, ergeben sich daraus weitere Fehlerquellen (Jonkisz et al. 2012, S. 58 f). Lenz (2006, S. 211) ordnet die nicht-objektive Bewertung von Testformaten ebenfalls als potentielle Ursache konstrukt-irrelevanter Varianz ein. Der Konstruktvalidität kommt in diese Arbeit wegen zahlreicher möglicher Fehlerquellen eine besondere Bedeutung zu.

## **2.4 Schülervorstellungen, Verstehen und träges Wissen**

### **2.4.1 Schülervorstellungen**

Vorstellungen werden in verschiedenen Fachbereichen unterschiedlich definiert. So beschreiben die Psychologie, insbesondere die Kognitionspsychologie, die Didaktik und die Neurobiologie den Begriff unterschiedlich (Gropengießer et al. 2010, S. 52). Baalman et al. (2004) beschreiben Vorstellungen für den didaktischen Bereich als Kognitionen, bzw. Verständnisse und Gedanken. Die Autoren nennen weitere Definitionen benachbarter Fachdisziplinen. Die Psychologie versteht Vorstellungen als persönliche Konstrukte, die in Beziehung zu Konstrukt-Systemen stehen, mit denen die Welt verstanden werden kann. In der Kognitionspsychologie werden sie dem Wissen untergeordnet. Vorstellungen werden dabei wahrnehmungsbasierten Wissensrepräsentationen zugeordnet, die nicht an die direkte Wahrnehmungserfahrung gekoppelt sind, diese aber mental repräsentieren. Davon werden bedeutungsbezogene Wissensrepräsentationen unterschieden, die stark von den Details abstrahiert sind und den Bedeutungsgehalt der Erfahrung enkodieren (Ander-

son 2007, S. 129). Anders als in der Didaktik werden Vorstellungen nicht mit Verständnis in Verbindung gebracht, dass auf einer tieferen kognitiven Ebene generiert wird.

Schülervorstellungen werden im didaktischen Rahmen überwiegend hinsichtlich ihres Einflusses auf den Lernprozess beschrieben. Duit (1995) geht bei seiner Begriffsklärung auf die Auswirkungen von Schülervorstellungen auf naturwissenschaftsdidaktische Lernumgebungen wie Beobachtungen und Problemlösestrategien ein. Die naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen werden dabei durch die bestehenden Vorstellungen mitbestimmt, was Einfluss auf die Entwicklung fachlich angemessener Perspektiven nimmt. In der didaktischen Literatur werden die Begriffe Schülervorstellungen und Vorwissen oftmals synonym verwendet (z.B. Abimbola 1988, Vosniadou & Brewer 1992, Duit & Mayer 1999, Berck & Graf 2003, S. 102). Duit & Mayer (1999) beschreiben Vorstellungen als mentale Repräsentationen, die sich auf Teile der kognitiven Struktur beziehen und abgrenzbare Phänomene darstellen. Diese wiederum werden mit dem Vorwissen der Lernenden gleichgesetzt. Baalman et al. (2004) betrachten die Verwendung der Termini „Wissen“ oder „Vorkenntnisse“ kritisch, da diese die Aneignung von fachlichem Wissen hervorheben und weniger die alltagsbezogenen Vorerfahrungen berücksichtigen. Generell besteht in der Didaktikforschung Einigkeit darüber, dass Schülervorstellungen (oder naives Wissen) Erklärungen darstellen, die nicht mit fachlich anerkannten Sichtweisen vereinbar sind (Vosniadou & Brewer 1992). Clement et al. (1989) geben zu bedenken, dass nicht alle vorunterrichtlichen Vorstellungen „Fehlvorstellungen“ sind. Auch im Alltag erworbene Vorstellungen können mit den fachlichen Vorstellungen kompatibel sein. Schülervorstellungen entstehen oftmals, wenn neue Erfahrungen vor dem Hintergrund bereits bestehender (alltagsbezogener) Wissensstrukturen interpretiert werden (Wenning 2008).

Da die Generierung von Schülervorstellungen häufig mit Erklärungen der Wissensaneignung vor dem Hintergrund des Vorwissens in Verbindung gebracht wird, wird auf den Aspekt der Entstehung von Wissen genauer eingegangen. Da es dazu zahlreiche Ansätze gibt, liegt der Fokus im Hinblick auf die didaktische Ausrichtung dieser Arbeit bei konstruktivistisch orientierten Ansätzen.

Unter dem Begriff Wissen beschreibt Tergan (1989a, S. 10) alle in irgendeiner Weise mental repräsentierten Informationen, wobei er darauf hinweist, dass es dabei nicht um bewusst verfügbare Kenntnisse gehen muss. Wissen ist kein objektiver, übertragbarer Gegenstand, sondern das Resultat individueller Konstruktionsprozesse (Reinmann-

Rothmeier & Mandl 1998, S. 457). Allgemeines Weltwissen ist in kognitiven Schemata angelegt und der Aufbau mentaler Repräsentationen (symbolische und analoge Repräsentationen, Schnotz 1994, S. 145) erfolgt über eine Aktivierung solcher Schemata (Schnotz 1994, S. 61). Schemata können entsprechend mit dem Vorwissen verglichen werden, dass aus konstruktivistischer Sicht beim Wissenserwerb wesentlich ist. In der Wissenspsychologie werden Schemata als Wissensstrukturen beschrieben, in denen „aufgrund von Erfahrungen typische Zusammenhänge eines Realitätsbereichs repräsentiert sind“ (Mandl & Spada, 1988, S. 124). Einsiedler (1996) schlägt den schematheoretischen Lernbegriff (nach Rumelhart & Norman 1978) als geeignete Schnittstelle für mentale Repräsentationen der Kognitionspsychologie und der im didaktische Forschungs- oder Praxisbereich relevanten Wissensgenerierung als theoretische Grundlage vor (vgl. Gerstenmaier & Mandl 2000). Durch Erfahrungen bereits im frühen Kindesalter werden Schemata erworben, aus denen zunehmend Konzepte entstehen, die auf verschiedene Situationen anwendbar sind. Diese nehmen wiederum Einfluss auf hinzukommendes Wissen. Nach Rumelhart (1991, S. 258) ist alles Wissen in Einheiten, bzw. Schemata festgelegt, die das Wissen repräsentieren. Rumelhart fasst sie zusammen als Interpretationen und Rekonstruktionen von Interpretationen (nach Gerstenmaier & Mandl 2000, S. 6). Auch in der pädagogischen Psychologie wird die Schematheorie zur Erklärung des Lernens durch Vorwissen angeführt (Hasselhorn & Gold 2013, S. 89). Individuen haben beispielsweise ein Schema zu dem Begriff Auto erworben, in welchem verschiedene Eigenschaften dieses Begriffs, wie Räder, Lenkrad und Motor angelegt sind und zur Bewertung vergleichbarer Wahrnehmungen genutzt werden. Dieses Schema enthält jedoch auch Leerstellen, die durch neu hinzukommende Informationen das Wissen in diesem Schema aktualisieren (Steiner 2006, S. 165). Steiner (2006, S. 165) fasst zusammen, dass Schemata übergeordnet im Allgemeinen als semantische Netzwerke oder vergleichbar in mentalen Modellen organisiert sind. Untergeordnet bestehen sie aus Propositionen, die wiederum aus Begriffen aufgebaut sind (Mietzel 2007, S. 238 f). Arbeiten, wie die von Heinen (2001) die sich mit Details und Unterschieden der Begriffe auseinandersetzen, gehen darauf ein, dass beispielsweise mentale Modelle im Arbeitsgedächtnis repräsentiert werden, während Schemata in den Tiefenstrukturen des Langzeitgedächtnisses verankert sind. Entsprechend können Vergleiche noch differenzierter vorgenommen werden<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Darauf wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da sich dabei der didaktische Fokus verlieren würde und eine Detailbeschreibung im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter relevant ist.

Nach den Ansätzen von Bartlett und Piaget (Hasselhorn & Gold 2013, S. 63f). wird neu hinzukommendes Wissen in bestehende Schemata integriert (Assimilation) oder vor dem Hintergrund bestehender Schemata „angepasst“, bzw. umstrukturiert (Akkommodation), wenn keine direkte Übereinstimmung mit dem Wahrgenommenen und einem Schema gegeben ist. Dabei wird die konstruktivistische Sichtweise vom Lernen deutlich (Kap. 2.6.1). Hasselhorn & Gold (2013, S.89f) führen weiter aus, dass beim Lernen vorwissensbasierte Prozesse „Fehlkonzepte“ in der Vorstellung der Lernenden hervorrufen können. Werden fachliche Informationen individuell in einem alltagsbezogenen Schema verarbeitet, so kann der Lernende zu dem Schluss kommen, dass die aufgenommenen Informationen in der schemageleiteten Repräsentation angemessen gedeutet wurden (vgl. Reimann 1998, S. 348 f). Das Vorwissen wird dann als (unpassende) Analogie für das Verstehen des noch unbekanntes, bzw. neu aufgenommenen Wissens genutzt (Hasselhorn & Gold 2013, S.90). Der Schüler kann aber auch die aufgenommenen Informationen mangels einer Passung zu einem Schema so umdeuten, dass sie zu einem vorwissensbasierten Schema passen (vgl. kognitive Assimilation, Glasersfeld 1997, S. 113, Mietzel 2007, S. 237). Der beschriebene Vorgang verdeutlicht das mögliche Zustandekommen fachlich unangemessener Schülervorstellungen vor dem Hintergrund des alltagsbezogenen Vorwissens. Ein weiteres Beispiel bezieht sich auf das in dieser Studie überprüfte Verständnis von Textgegenständen. Steiner (2006, S. 172) führt dazu den Prozess beim Textverstehen an, bei welchem durch bestimmte Suchschemata Textinhalte auf der Grundlage bestimmter Erwartungen auf wesentliche Aspekte reduziert werden, um die Gesamtinformation greifbar zu machen. Dieser Verarbeitungsprozess ist individuell und jede Person generiert dabei ein individuelles Textverständnis (vgl. Anderson et al. 1977). In der didaktischen Forschung finden eine Reihe bekannter Schemata Anwendung bei der Zuordnung und Interpretation von Schülervorstellungen (z.B. zusammengefasst in Niebert, 2010, S. 17 f). Beispielsweise kann zur Erklärung von Vorstellungen zur Zielgerichtetheit evolutionärer Vorgänge das Start-Weg-Ziel Schema herangezogen werden. Dieses bereits in früher Kindheit erlernte Schema (Lakoff & Johnson, 1999, S. 179 ff) ordnet Prozesse in Anfang, Weg und Ziel ein und ist im Widerspruch mit dem fachlich angemessenen Verständnis evolutionärer Prozesse. Dieses Schema wird im Rahmen dieser Arbeit genauer betrachtet (Kap. 6.1). Bekannte Schemata, die wiederholt in verschiedenen Forschungsbereichen gefunden wurden, verdeutlichen, dass Wissensstrukturen zwar individuell angelegt werden, jedoch auch übereinstimmende Muster in vergleichbaren Erfah-

rungsbereichen erworben werden. Das Herausstellen häufiger Vorstellungen mit der Absicht diese in Lehr-Lernprozessen zu berücksichtigen, erscheint dadurch sinnvoll.

#### **2.4.1.1 Komplexität von Schülervorstellungen im Rahmen der „Conceptual Change“ Forschung**

Özdemir & Clark (2007) fassen die Vielzahl an Studien zum Conceptual Change Ansatz (Kap. 2.6.3) als theorieähnliche Organisation des Wissens (1) oder Wissen als einzelne unabhängige Elemente (2) zusammen. Gängig sind zudem die Bezeichnung als Rahmentheorie (conceptual framework) und phänomenologische Prinzipien (p-prims) (Southerland et al. 2001, Schnotz 2006). Der theorieähnliche Ansatz (1) geht davon aus, dass naive Vorstellungen in einem übergeordneten Schema angelegt sind und konsistent in verschiedenen Situationen angewendet werden. Vosniadou & Brewer (1992) unterscheiden davon die inhaltsbezogene Theorie, die sich auf einen Gegenstand ausrichtet, aber durch die unspezifische übergeordnete Rahmentheorie bestimmt wird. Da sich die Rahmentheorie bereits in früher Kindheit etabliert und Grundlage hinzukommender Wissens Elemente ist, erscheint Vertretern dieses Ansatzes die Hartnäckigkeit von Alternativvorstellungen erklärbar (Krüger 2007, S. 87). Die Annahme einzelner Wissens Elemente (2) ist mit der Auffassung von kontextabhängigen und situativ generierten Vorstellungen verbunden, auf Grund dessen Vorstellungen wenig Konsistenz aufweisen. Dieser Ansatz, den di Sessa (1988) ausführlich erläutert, wird herangezogen, um die parallel auftretenden und oftmals widersprüchlichen Konzepte von Lernenden zu erklären (Krüger 2007, S. 88). Taber (2000) diskutiert einen weiteren Ansatz, die „multiple frameworks“ Perspektive als plausible Erklärung für beispielsweise parallel auftretende Vorstellungen, wie sie oftmals in evolutionären Zusammenhängen bei Lernenden ermittelt werden. Dabei werden sowohl Rahmentheorien als auch einzelne Wissens Elemente berücksichtigt. Das kontextabhängige Auftreten bzw. die Konsistenz von Vorstellungen ist bedeutend für die Entwicklung von Diagnoseinstrumenten, die Vorstellungen in wenigen Kontexten erfassen und darüber Schlussfolgerungen über das Vorstellungsmuster von Lernenden ziehen (vgl. Hestenes & Halloun 1995). Verschiedene Studien liefern sowohl Belege für die eine Perspektive, als auch für die andere. Einig sind sich die unterschiedlichen Ansätze jedoch darin, dass den alltagsbezogenen Erfahrungen (Vorwissen) eine wesentliche Rolle im Lernprozess zugesprochen werden kann (Özdemir & Clark 2007).

### 2.4.1.2 Alternative Termini für Schülervorstellungen

Schülervorstellungen werden im deutschsprachigen Raum alternativ auch als vorunterrichtliche Vorstellungen, Alltagsvorstellungen, Alternativvorstellungen, Präkonzepte oder Fehlvorstellungen (wenn diese fachlich nicht korrekt sind) beschrieben (Graf & Hamdorf 2011, S. 26). In Anlehnung an Graf & Hamdorf (2011, S. 26) werden aus der Perspektive der Fachwissenschaft Schülervorstellungen in dieser Arbeit auch als Fehlvorstellungen bezeichnet. Bahar (2003) merkt an, dass diese Ausdrucksweise klar herausstellt, dass es sich um fachlich unangemessene Vorstellung handelt. Im englischsprachigen Raum werden zahlreiche Begriffe genutzt. Dazu gehören misconceptions, preconceptions, naive beliefs, erroneous ideas (in Wandersee et al. 1994, S. 178), alternative conceptions (Abimbola 1988) oder alternative frameworks (Northfield & Gunstone 1983, Taber 2001).

Zusätzlich wird auf die Unterteilung von Vorstellungen in verschiedene Komplexitätsebenen nach Gropengießer eingegangen, da in dieser Arbeit die Analyse der Schülerinterviews nach der Methode von Gropengießer (2008) vorgenommen wurde.

Gropengießer (2008, S. 174 f) unterteilt Vorstellungen in Begriffe, Konzepte, Denkfiguren und Theorien, von denen Konzepte und Denkfiguren im deutschsprachigen Raum in zahlreichen Studien zu Schülervorstellungen beschrieben wurden. Begriffe als geringste Komplexitätsebene bilden zusammengesetzte Konzepte (Aussagen, Sätze), die wiederum Denkfiguren als übergeordnete Kategorien haben, denen mehrere spezifischere Vorstellungsmuster als Konzepte untergeordnet sind. Globaler sind lediglich Theorien. Vorstellungen nach dieser Einteilung beziehen sich somit nicht nur auf übergeordnete Rahmenstrukturen, sondern beinhalten bereits niedrigere Komplexitätsebenen. Nach Gropengießer (2008, S. 174) sind Konzepte annähernd vergleichbar mit den Schemata der kognitiven Psychologie.

In anderen Studien wurden jedoch auch Erklärungsmuster (Zabel 2009) oder Schemata (Banet & Ayuso 2003) als Bezeichnungen verwendet, um Schülervorstellungen auf einer übergreifenden Ebene einzuordnen. Wandersee et al. (1994, S. 178 f) unterscheiden Konzepte und „frameworks“. „Frameworks“ werden als relativ stabile Wissensmuster beschrieben, die von einer größeren Gruppe an Personen geteilt werden (vgl. mit Rahmentheorie, Kap. 2.4.1.1). Nach Abimbola (1988) können „frameworks“ nicht direkt aus

Schüleraussagen, beispielsweise in Interviews, generiert werden. Sie bezeichnen vielmehr die Folgerungen, Rückschlüsse oder Interpretationen aus den Schüleraussagen, die als Konzepte erfasst wurden.

### **2.4.1.3 Abschließende Definition von Schülervorstellungen**

Vor dem Hintergrund der vielfältigen Begriffsdeutung von Vorstellungen soll an dieser Stelle eine für diese Arbeit angemessene Definition formuliert werden: Vorstellungen sind mentale Repräsentationen, die vor dem Hintergrund des Vorwissens (angelegt in Schemata oder semantische Netzwerke) subjektiv als wahr angesehen werden und durch welche Erfahrungen mit der Welt (sowohl des alltäglichen und des schulischen Umfelds) verstanden werden. Dabei werden sämtliche Komplexitätsebenen von Wissensstrukturen eingeschlossen, die im Zusammenhang des Verständnisses bedeutsam sind und von der begrifflichen Ebene bis zu subjektiven Theorien reichen.

## **2.4.2 Verstehen**

Da in dieser Arbeit das Verständnis der Schüler von den entwickelten Aufgaben überprüft wird, wird dieser Begriff zusätzlich definiert.

Bereits Bloom (1956) machte auf den Unterschied zwischen Verstehen und Wissen aufmerksam (vgl. Schnotz 1994, S.35). Verstehen wird als Aufbau von kohärenten und konsistenten mentalen Repräsentation eines Sachverhaltes beschrieben, bedeutet aber nicht, dass gleichzeitig auch Wissen generiert wird. Wird beispielsweise ein Textinhalt erneut gelesen und dabei verstanden, entsteht die gleiche oder ähnliche mentale Repräsentation. Erst wenn durch die neu aufgenommenen Informationen eine dauerhafte Veränderung des kognitiven Systems stattfindet, kommt neues Wissen hinzu, das dauerhaft verfügbar ist (Schnotz 1994, S. 35). Verständnis entsteht, wenn die aufgenommenen Informationen aus der Umwelt zu einem der Schemata passen, in welchem die Konzepte in einem bedeutungsvollen Zusammenhang stehen (Rumelhart 1991, S. 258). Die zentrale Funktion von Schemata ist nach Rumelhart (1991) die Konstruktion einer Interpretation eines Ereignisses, einer Situation oder eines Objekts und ist gleichzusetzen mit dem Verstehensprozess. Verständnis ist entsprechend die Generierung von Bedeutung, die sich auf der Grundlage vernetzten Wissens ergibt, das im Laufe des Lebens individuell im Gedächtnis angelegt wurde. Dabei können unbekannte Wörter hindernd sein, oder ein unbekannter Zusammenhang in welchem diese genutzt werden (Friederici 1998, S. 249 f, Kap. 2.6.2). Has-

selhorn & Gold (2013, S. 90) benutzen für das Verstehen eines Zusammenhangs vor dem Hintergrund des Vorwissens den Begriff des analogen Verstehens und merken an, dass dabei auch Verständnis generiert wird, wenn eine Übertragung des neuen Sachverhalts auf einen bekannten nur teilweise möglich ist. Dabei kann es dann wieder zu Fehlvorstellungen kommen, da der neue Sachverhalt nicht im fachlich übereinstimmenden Sinne verstanden wurde. Entscheidend ist, dass die neuen Informationen stimmig in die vorhandenen Vorwissensstrukturen integriert werden (Steiner 2006, S. 201) und für das Individuum Sinn ergeben.

### 2.4.3 Träges Wissen

Wissen wird oftmals nicht in ein entsprechendes Verhalten umgesetzt oder auf andere Anwendungsbereiche übertragen. Das Wissen, was dabei nicht transferiert wird, gilt als träges Wissen (Renkl 1996, 2010, Mietzel 2007, S. 334 ff, Helmke 2012, S. 67). Umgekehrt wird der Transfer als das Anwenden von Vorwissen auf neue Inhalte oder Situationen beschrieben (Steiner 2006, S. 193). Renkl (1996, 2010, S. 854 ff) nennt drei alternative Erklärungsansätze für den mangelnden Transfer und dem zu Grunde liegenden trägen Wissen: Metaprozesserklärungen, Strukturdefiziterklärungen und Situiertheitserklärungen.

- Im Falle der Metaprozesserklärungen wird davon ausgegangen, dass dem Betroffenen konditionales Wissen fehlt, dass einen effektiven Zugriff auf das entsprechende Wissen ermöglichen würde.
- Die Strukturdefiziterklärung geht hingegen genauer auf die Wissensstruktur ein. Wissen, das in unterschiedlichen Kontexten erworben wurde, wird separat abgespeichert (in unterschiedlichen „Schubladen“) und nicht miteinander vernetzt. Entsprechend können diese Wissensgrundlagen nicht aufeinander bezogen werden. Ein prominentes Beispiel dafür ist die separate Speicherung des schulischen und des im Alltag erworbenen Wissens.
- Die Situiertheitserklärung stellt einen situativ gebundenen Wissenserwerb in den Vordergrund. Anders als in dem Strukturdefizitansatz wird nicht davon ausgegangen, dass das erworbene Wissen defizitär angelegt ist, sondern generell von der Situation abhängt. Dabei wird die Speicherung von Wissen abgelehnt und vielmehr davon ausgegangen, dass Wissen auf Grund der Ähnlichkeit der im Außen erfahrenen Situationen entsprechend wiederholend konstruiert wird.



Renkl (2010, S. 857) merkt an, dass der zuletzt genannte Ansatz vergleichbar wenig wissenschaftlich fundiert ist und damit die traditionelleren Erklärungen (Metaprozesserklärungen und Strukturdefiziterklärungen) als theoretische Grundlagen für träges Wissen überlegen sind. Träges Wissen ist im Zusammenhang der Generierung fachlich angemessener Vorstellungen zur Evolution insofern bedeutend, als dass die Vermittlung von Evolution oftmals durch den mangelnden Transfer genetischer Grundlagen auf evolutionäre Inhalte erschwert wird (Kap. 2.5). In diesem Zusammenhang wurden widersprüchliche Vorstellungen ermittelt, die in Lehr-Lernkonzeptionen zu den entsprechenden Inhalten eingebunden werden sollten und auch in den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Aufgaben berücksichtigt werden (Baalmann et al. 2004, Baalmann et al. 2005).

#### **2.4.4 Schülervorstellungen zur Evolution**

In der Biologie können Phänomene durch proximate (kurzzeitige) und ultimate (längerfristige) Ursachen erklärt werden (Kappeler 2006, S. 5 f, Zrzavý et al. 2009, S. 15 ff). Proximate Ursachen beziehen sich auf die internen und externen Faktoren, die beispielsweise den Organismus steuern, wie Hormonsysteme. In diesem Zusammenhang führen Tamir & Zohar (1991) das Beispiel an, dass viele Pflanzen auf der Unterseite des Blattes mehr Stomata haben, um die Transpiration gering zu halten. Die ultimate Ebene entspricht den evolutionären und historischen Hintergründen eines biologischen Phänomens. Studien, die Erklärungen von Lernenden zu evolutionären Zusammenhängen untersucht haben, unterscheiden vor diesem Hintergrund oftmals proximate und ultimate Erklärungsansätze der Lernenden im Hinblick auf die Erfassung fachlich angemessener Vorstellungen. Die überwiegende Nutzung proximativer kausaler Erklärungen zur Begründung evolutionärer Phänomene zeigten Southerland et al. (2001) bei Lernenden im Schulalter von der 2. bis zur 12. Klasse. Obwohl mit steigendem Alter ultimate Erklärungen hinzukamen, haben selbst viele Schulabgänger keine evolutionär angemessene Begründung angeben können. Bishop & Anderson (1990) fanden vergleichbare Ergebnisse bei College-Studenten. Im Physikunterricht wären funktionale Erklärungen ausreichend, für eine umfassende biologische Erklärung aber unvollständig, weil die Funktion nicht die ursächliche Erklärung ist. Erklärungen auf zwei Ebenen, für die es keine alltagsbezogene Entsprechung gibt, stellen dabei eine besondere Herausforderung für die Vermittlung fachlich angemessener Perspektiven in der Biologie dar.

Kattmann (2008) unterscheidet aktual kausale Erklärungen, die sich auf die Nahursachen

(proximat) und historisch kausale Erklärungen, die sich auf die Fernursachen (ultimat) beziehen. Diese Ebenen müssen von den Schülern erst einmal unterschieden werden können. Interviewstudien zeigen, dass Lernenden bis zur Sekundarstufe II oftmals nicht zwischen wie- und warum- Fragen unterscheiden können (Abrams & Southerland 2001, Riemeier 2010). Um das Verständnis für die unterschiedlichen Erklärungsansätze zu unterstützen, werden Unterrichtskonzepte eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts vorgeschlagen, in dem die historischen Hintergründe aktueller biologischer Phänomene deutlich werden (Kattmann 1995, van Dijk & Kattmann 2009).

Eine Übersicht zu Studien zu Schülervorstellungen zu Evolution stellen Schilke & Lehrke (1994), Banet & Ayuso (2003), Weitzel (2006) und Gregory (2009) bereit. Wandersee et al. (1995) machten eine Auflistung der Studien, die im Rahmen des Unterrichtens der Evolution vorgenommen wurden.

Vier übergeordnete Vorstellungsbereiche beziehen sich auf die häufigsten Fehlvorstellungen zur Evolution und werden international gebraucht: finale oder teleologische, anthropomorphe, lamarckistische und typologische Vorstellungen.

### Finale und teleologische Vorstellungen

Eine der häufigsten Fehlvorstellungen zu den Prozessen der Evolution ist diejenige, dass evolutive Vorgänge zielgerichtet und absichtlich (zweckgerichtet) stattfinden (Graf & Hamdorf 2011, S. 34). Diese Vorstellung ist dabei nicht nur vorunterrichtlich vorhanden, sondern wird oftmals selbst nach Unterrichtseinheiten in der Schule, teilweise sogar von Schülern mit Leistungskurs Biologie (Graf et al. 2009, S. 262 f, Graf & Hamdorf 2011, S. 34) und von Studierenden (Graf & Hamdorf 2011, S. 35) vertreten. Werden die zielgerichteten Veränderungen durch eine äußere Instanz (z.B. Natur oder Gott) kontrolliert, handelt es sich dabei um teleologische Vorstellungen (vgl. Sinatra et al. 2008). Mead & Scott (2010a) erklären die Häufigkeit dieser Vorstellungsmuster damit, dass Formulierungen mit zweckgerichtetem Charakter in vielen Zusammenhängen genutzt werden. Beispielsweise wird der Zweck synonym mit Funktion bei der Erklärung physiologischer Vorgänge verwendet (vgl. proximate Erklärungen). Zudem besteht die weit verbreitete Vorstellung, dass alles einen Sinn haben muss. Mead & Scott (2010b) erklären darüber hinaus den Zusammenhang mit der Ablehnung der Zufälligkeit. Zufälligkeit wird oft mit Bedeutungslosigkeit gleichgesetzt, was im Widerspruch zu der Ziel- und Zweckgerichtetheit der finalen Vorstellung steht. Bedeutungslosigkeit im Zusammenhang der Evolution

und Zunahme von Komplexität ist wiederum für die meisten Menschen nicht vorstellbar.

### Anthropomorphe Vorstellungen

Lernende mit anthropomorphen Vorstellungen gehen zumindest implizit davon aus, dass sich Lebewesen ihrer Situation bewusst sind. Diese besitzen dieser Vorstellung nach im Zusammenhang mit evolutionärer Anpassung die Erkenntnis einer sinnvollen oder notwendigen Veränderung und können den Vorgang selbstständig gestalten. Die Zuschreibung menschlicher Eigenschaften<sup>3</sup> beschreiben beispielsweise Berck & Graf (2003, S. 3) als Anthropomorphismus. Menschliche Grunderfahrungen sind dabei anthropomorph und daher unvermeidbar. Bei der Vermittlung biologischer Unterrichtsinhalte werden anthropomorphen Sicht- oder Ausdrucksweisen eine lernförderliche Funktion zugeschrieben, wenn diese von den fachlich angemessenen Vorstellungen bewusst unterschieden werden (z.B. Eschenhagen et al. 2003, S. 139, Kattmann 2005, Kattmann 2008).

### Lamarckistische Vorstellungen

Personen mit lamarckistischen Vorstellungen gehen davon aus, dass Merkmale durch häufigen Gebrauch stärker hervortreten und sich dabei verändern. Gleichzeitig kann auch der ausbleibende Gebrauch von Merkmalen zur Reduktion führen. Ein weiterer Aspekt ist die Vererbung der neu erworbenen Merkmale an die Nachkommen.

Kampourakis & Zogza (2007) kritisieren den Vergleich der Schülervorstellungen mit denen von Lamarck, da diese nicht vollständig übereinstimmen. Insbesondere die gezielte Veränderung von Merkmalen aus Notwendigkeit (Brauchen), die viele Lernende vertreten, würden nicht den Vorstellungen von Lamarck entsprechen. Lamarck beschrieb einen physiologischen (proximaten) Vorgang, der für die verstärkte oder geringere Ausprägung von Merkmalen verantwortlich sein sollte, ging dabei aber nicht von einer durch Notwendigkeit verursachten zielgerichteten Veränderung aus. Lamarcks präzisere Beschreibung ist bei den Lernenden nicht vorhanden, sondern begrenzt sich eher auf die Anpassung aus Notwendigkeit. Zudem sprach Lamarck nicht von einem Willen der Lebewesen, der eine Anpassung verursachen würde, auch wenn er den Lebewesen Bedürfnisse eingestand. Letztlich hat sich der Terminus „Lamarckismus“ jedoch als Bezeichnung für die beschriebenen Schülervorstellungen durchgesetzt und erhebt nicht den Anspruch auf vollständige Übereinstimmungen mit den Vorstellungen von Lamarck.

---

<sup>3</sup> In dieser Arbeit werden Merkmale von Eigenschaften unterschieden. Merkmale sind dabei sichtbare Eigenschaften. Eigenschaften schließen Merkmale somit ein.

### Typologische Vorstellungen

Eine typologische Sichtweise beschreibt Individuen einer Population oder Art als einheitlich, bzw. können Typen vorkommen, die in sich relativ einheitlich geartet sind, untereinander aber streng voneinander abgegrenzt werden können (Graf & Hamdorf 2011, S. 36). Diese Vorstellung mangelt aus fachlicher Sicht grundlegend an einem intraspezifischen Variationsverständnis. Graf & Hamdorf (2011) weisen darauf hin, dass die geringen Abweichungen der Individuen als unwesentlich erachtet werden und der Fokus bei den Gemeinsamkeiten liegt. Typologische Vorstellungen treten bei der Erklärung evolutionärer Veränderungen auf. Die Veränderung findet dann bei allen, oder typabhängig statt und endet mit dem einheitlichen Anpassungszustand. Zum Beispiel gehen viele Lernende davon aus, dass sich Populationen bei veränderten Umweltbedingungen in ihrer Gesamtheit verändern. Diese Vorstellung enthält finale Aspekte, gleichzeitig aber auch die typologische Veränderung der Individuen.

#### **2.4.4.1 Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution des Sekundären Bildungsbereichs**

Im Folgenden werden wesentliche Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution von Lernenden des sekundären und des tertiären Bildungsbereichs aufgeführt, die Grundlagen der Auswahl geeigneter Distraktoren bei der Entwicklung der Diagnoseaufgaben in dieser Arbeit sind. Zwar beziehen sich Studien zu Vorstellungen von Studenten nicht auf die Zielgruppe dieser Arbeit, die Altersunabhängigkeit vieler Vorstellungen legitimiert jedoch die umfassendere Darstellung des Forschungsstandes. Zudem wurden einige der einflussreichsten Studien an Studenten durchgeführt.

Deadman & Kelly (1978) interviewten 52 Jungen im Alter von 11 bis 14 Jahren zu ihren Vorstellungen zur Evolution und Vererbung. Die Frage warum Evolution stattfindet, wurde von den meisten Interviewpartnern damit beantwortet, dass die Lebewesen eine Veränderung brauchen oder wollen, oder dass ein innerer Antrieb zu einer Verbesserung führt. Entsprechend der finalen Perspektive evolutionärer Veränderungen, waren sich die Jungen zufälliger Anteile des Prozesses nicht bewusst. Als alternative Ursache zum „Brauchen“ wurden Veränderungen in der Umwelt beschrieben (umweltbedingte Erklärung). Das wie und warum der evolutionären Veränderung wurde dabei von wenigen Lernenden unterschieden. Im Zusammenhang mit der Anpassung von Lebewesen war

wiederum die finale Perspektive vorrangig, die von den Autoren als naturalistische Sichtweise eingeordnet wurde. Wesentlich dabei war die einseitige Beschreibung des „wie“ und ein Auslassen der Erklärung des „warum“ (vgl. Bishop & Anderson 1990, Southerland et al. 2001).

Auf Vorstellungen zur biologischen Anpassung fokussierten Engel Clough & Wood-Robinson (1985a) in einer Interviewstudie mit 52 Schülern im Alter zwischen 12 und 16 Jahren. Viele der Befragten hatten Schwierigkeiten, überhaupt eine Erklärung für die Anpassung von Birkenspannern und Polarfüchsen an die veränderten Umweltbedingungen zu geben. Zusätzlich zu den naturalistischen (finalen) und umweltbedingten Erklärungen, die bereits Deadman & Kelly (1978) in ihrer Studie identifiziert haben, konnten die Autoren besondere kontextspezifische Unterschiede finden. Die offensichtliche Dringlichkeit der Anpassung von Polarfüchsen an die kalten Lebensumstände veranlasste die Schüler deutlich mehr zur Annahme einer Anpassung aus Notwendigkeit, als im Falle der Birkenspanner im Zuge der Industrialisierung. Andererseits sind aus Sicht der Lernenden die Birkenspanner, entsprechend der ihnen zugesprochenen Mobilität, in der Lage, sich einen anderen Lebensraum zu suchen. Dieses Konzept wird vergleichbar von Baalman et al. (2004) als Suchen neuer Lebensräume und von Zabel (2009) als Intentionaler Lebensraumwechsel beschrieben. Hinzu kam die Vorstellung, dass Anpassung ein natürlicher Prozess ist, der keiner weiteren Erklärung bedarf, ähnlich der von Deadman & Kelly (1978) festgestellten Annahme, dass Anpassung „einfach passiert“.

Kampourakis & Zogza (2007) widmen eine Studie zu Schülererklärungen dem Vergleich von Erklärungsansätzen griechischer Schüler im Alter von 14-15 Jahren mit denen von Lamarck und Darwin. In der empirischen Untersuchung der Schülervorstellungen wurden 16 Schüler mit unterschiedlichen Erklärungsmustern für eine Interviewstudie ausgewählt. In Übereinstimmung mit vielen anderen Studien (z.B. Lammert 2012) stellen die Autoren die zielgerichtete Veränderung durch Brauchen als überwiegendes Erklärungsprinzip heraus (53%) und grenzen dieses von den Annahmen Lamarcks ab, mit denen weitaus weniger Schüleraussagen (16 %) übereinstimmten.

In einer Interviewstudie von Tamir & Zohar (1991) mit 15-17 jährigen Schülern wurde der Frage nachgegangen, ob die teleologischen und anthropomorphen Äußerungen der Lernenden ihren tatsächlichen Vorstellungen entsprechen, oder diese lediglich sprachliche Ausdrucksweisen sind, die keinem tieferen Verständnis entsprechen. Zudem wurde der Zusammenhang anthropomorpher und teleologischer Perspektiven analysiert, da diese

beiden Erklärungsmuster häufig parallel auftreten. Von den 15 Jährigen von denen 88 % anthropomorphe Formulierungen äußerten, gingen 81 % davon aus, dass die Tiere (oder Pflanzen) wirklich diese (menschlichen) Eigenschaften hatten. Die Autoren stellten zudem fest, dass in Erklärungsmustern in denen teleologische Ausdrucksweisen vermieden wurden, anthropomorphe Aussagen fehlten. Hingegen konnten teleologische Erklärungsmuster auch gänzlich ohne anthropomorphe Anteile auskommen (deutet auf Abhängigkeit anthropomorpher von teleologischen Vorstellungen hin).

Palmer (1996) untersuchte die Fähigkeit 15-16 Jähriger das Konzept der Anpassung konsequent anzuwenden. Die 74 Interviewpartner, hatten bereits Unterricht zu Evolution erhalten. Vergleichbar mit Engel Clough & Wood-Robinson (1985a) hatten die Teilnehmer Schwierigkeiten, das Konzept der Anpassung zu erklären. Kontextspezifische Vorstellungen äußerten sich darin, dass Lebewesen wie Pflanzen, sich nicht anpassen, „die leben einfach dort.“ Andere wiederum müssen sich nicht anpassen, weil der bevorzugte Lebensraum immer vorhanden ist (Bakterien). Von Lebewesen, die bereits ausgestorben sind, wird angenommen, dass sie sich nicht angepasst haben, weil sie ausgestorben sind. Die Anpassungsfähigkeit von Tieren führen einige Schüler auch auf Gehirnleistungen zurück, wobei die Vorstellung von einer absichtsvollen Anpassung deutlich wird. Da Pflanzen diese Strukturen fehlen, können sie sich nicht anpassen. Grundlegende finale Vorstellungen treten bei diesen Ergebnissen hervor. Die Autoren weisen darauf hin, dass Lernende aus dem Alltag das Verb „anpassen“ geläufig ist, die Zustandsbeschreibung (Angepasstheit) jedoch nur im fachlichen Kontext angewendet wird und daher nicht unterschieden wird (vgl. Brumby 1979).

Southerland et al. (2001) führten eine Studie bei 96 Schülern der 2. bis 12. Jahrgangsstufe durch und konzentrierten sich dabei auf die aktuelle Diskussion zu den konkurrierenden Theorien zu der Beschaffenheit von Schülervorstellungen (theorieähnlich oder situativ und spontan, Kap. 2.4.1.1). Lernende aller Altersstufen nutzten überwiegend finale Erklärungsansätze (33% - 43%). Anthropomorphe Vorstellungen wurden in geringerem Maße eingebracht (13% - 20%), jedoch konnte kein abnehmender oder zunehmender Trend mit dem Alter festgestellt werden. Teilnehmer der 12. Klasse argumentierten vermehrt auch „mechanistisch ultimat“ (evolutionäre Mechanismen einbeziehend), bzw. brachten fachlich angemessene Erklärungen ein. Zwischen 38% (2. Klasse) und 55 % (12. Klasse) der Schüler wechselten die Begründungskategorie und demonstrierten damit inkonsistente Vorstellungen. Die Autoren stellen eine auffällige Unsicherheit und Abwechslung in den

Erklärungen besonders der älteren Klassenstufen fest und vermuten dabei, dass die Lernenden schwach strukturierte „frameworks“ zu diesen Themen haben. Dies befürwortet den theoretischen Ansatz von „p-prims“ und die Annahme spontan und situativ generierter Vorstellungen.

Prinou & Halkia (2008) untersuchten die Vorstellungen 411 griechischer Schüler der 10. Klasse mit abgeschlossenem Evolutionsunterricht. Über geschlossene und offene Fragen in einem Fragebogen stellte sich heraus, dass 59% der Teilnehmer davon ausgingen, dass neue Merkmale entstehen, wenn sie überlebensnotwendig sind. Im Hinblick auf die natürliche Selektion stimmten 63 % der Schüler der Annahme zu, dass die Stärkeren in einer Population bevorteilt sind. Über 70 % gingen zudem davon aus, dass evolutionäre Veränderungen am Individuum (innerhalb eines Lebens) und nicht auf der Populationsebene stattfinden. Trotz abgeschlossenem Evolutionsunterricht waren die meisten Schüler nicht in der Lage, evolutionäre Prozesse fachlich angemessen durch natürliche Selektion zu erklären.

Im Rahmen qualitativ angelegter Studien im deutschsprachigen Raum haben Baalman et al. (2004) und Weitzel (2006) Vorstellungen von Gymnasiasten der Sek II (11./13. Klasse) zu den Prozessen der Anpassung im Detail untersucht. Die Schülervorstellungen wurden dabei Denkfiguren und Konzepten zugeordnet (vgl. Gropengießer 2008). Baalman et al. (2004) formulierten die Denkfigur „Gezieltes adaptives Handeln“. Weitzel (2006) bestätigt dieses Erklärungsmuster im Rahmen eines von ihm durchgeführten Vermittlungsexperiments. Dabei zeigten sich anthropomorphe und finale Vorstellungsaspekte, die in dieser Denkfigur kombiniert vorliegen. Anpassungen auf körperlicher Ebene fassen Baalman et al. (2004) als „adaptive körperliche Umstellung“ zusammen. Darunter werden die mehrfach in anderen Studien ermittelten Vorstellungen einer Anpassung durch Gebrauch und aus Notwendigkeit subsumiert. Im Hinblick auf genetische Zusammenhänge ergibt sich die Denkfigur „Absichtsvolle genetische Transmutation“. Vergleiche können mit der allgemeiner formulierten Vorstellung einer gezielten genetischen Veränderung gezogen werden, die Shtulman (2006), Banet & Ayuso (2003) und Anderson et al. (2002) beschreiben. Ergänzend zu Baalman et al. (2004) findet Weitzel (2006) in seiner Studie weitere Konzepte. Vergleichbar mit der Anpassungs-Erkenntnis formuliert Weitzel die bewusste Erkenntnis und Entscheidung des Körpers in dem Konzept „Körperweisheit“.

Bizzo (1994) untersuchte die Vorstellungen brasilianischer Schüler im Alter von 15- 17 Jahren, die bereits zu Evolution unterrichtet wurden. Das Verständnis der Schüler erwies sich als überwiegend fachlich unangemessen. Bizzo bringt weitere Schülervorstellungen ein, die auch in anderen Studien gefunden wurden, aber nicht so deutlich hervorgehoben wurden. Dazu zählen die Vorstellungen von Evolution als fortschrittlich oder als Verbesserung von Eigenschaften der Lebewesen, mit der eine gewisse Zielgerichtetheit der Veränderungen verbunden ist. Dabei stellt er kulturelle Weiterentwicklungen im historischen Verlauf als Ursache der alternativen Vorstellung fest. Zudem geht er auf den Begriff des Wettbewerbs ein. Viele Schüler verstehen darunter einen gewalttätigen Konflikt, der mit dem direkten Kontakt von Individuen verbunden ist. Weitere Möglichkeiten eines indirekten Konflikts um Ressourcen werden dabei übersehen.

#### **2.4.4.2 Studien zu Vorstellungen zur Evolution im tertiären Bildungsbereich**

Brumby (1979, 1981) untersuchte das Verständnis von Universitätsstudenten im ersten Jahr zur natürlichen Selektion. Über offene und geschlossene Aufgaben konnte sie feststellen, dass die Teilnehmer nicht in der Lage waren konsistent die natürliche Selektion als Erklärungsprinzip auf verschiedene Kontexte anzuwenden. Die Studierenden erklärten alternativ einen graduellen Anpassungsprozess, bei welchem gezielte genetische Veränderungen eine Anpassung hervorrufen und dann an die Nachkommen weitergegeben werden. Dabei ergab sich eine Kombination finaler und lamarckistischer Vorstellungen. Als bedenklich wird das mangelnde Verständnis für zufällige genetische Veränderungen als wesentlicher Mechanismus evolutionärer Prozesse herausgestellt.

Ferrari & Chi (1998) untersuchten die Vorstellungen zur natürlichen Selektion über offene schriftliche Fragen an 40 College-Studenten, die zuvor keinen Unterricht zu den Inhalten erhalten hatten. Die Autoren führten die fachlich inkorrekten Erklärungen darauf zurück, dass die Lernenden den Gleichgewichtszustand des Prozesses nicht verstehen und stattdessen Evolution vergleichbar mit einem Ereignis (event-like) beschreiben, bei dem es einen Anfang, zwischengeschaltete Handlungen in einer sequentiellen Abfolge und ein Ziel des Vorgangs gibt. Evolution ist aber eher mit einem Gleichgewichtszustand zu vergleichen, in dem kontinuierliche, dynamische, oftmals auf Zufall beruhende, Prozesse ablaufen.



Cunningham & Wescott (2009) zeigten in ihrer Studie mit 547 amerikanischen Studenten am Anfang ihres Studiums, das Vorkommen paralleler Vorstellungen. 53% der Studierenden waren sich sicher, dass sie den Fitnessbegriff angemessen verstanden haben, von diesen stimmten aber wiederum 61 % der fachlich inkorrekten Aussage zu, dass „Survival of the fittest“ bedeutet, dass die Stärksten überleben. Im Vergleich der Antworten zeigte sich auch, dass die meisten Studierenden darwinischen Konzepten (Bedeutsamkeit von Überleben und Fortpflanzung, Variation) gleichzeitig aber auch finalen und typologischen Aussagen zustimmen. Die Studie stellt damit das Nebeneinander von fachlich angemessenen und unangemessenen Vorstellungen heraus.

Greene (1990) untersuchte Vorstellungen von 322 fortgeschrittenen Studenten einer amerikanischen Universität. In der offenen Aufgabe sollten die Studierenden die Entstehung von Flügeln bei Fledermäusen erklären, mit dem Hinweis, dass sie die natürliche Selektion einbeziehen sollten. Die Ergebnisse zeigten, dass innerhalb typologischer Vorstellungen die Beschreibung des Veränderungsprozesses und der Einbezug von selektiven Aspekten in bestimmter Weise gekoppelt waren. Je mehr von einer zielgerichteten Veränderung ausgegangen wurde, umso weniger war mit einer Beschreibung von Selektion zu rechnen. Lamarckistische Vorstellungen und die Zufälligkeit evolutionärer Prozesse wurden gar nicht parallel zur natürlichen Selektion genannt. Ausgeprägte finale und lamarckistische Vorstellungen machen somit den Einbezug vollständiger Erklärungen zur natürlichen Selektion unwahrscheinlich. Moore et al. (2002) bestätigten diese Beobachtung in ihrer Studie und beziehen ergänzend anthropomorphe Vorstellungen ein, welche nicht in Kombination mit den fachlich angemessenen Aspekten genannt wurden. Moore et al. (2002) zeigten, dass die meisten Studenten Schwierigkeiten bei der Verknüpfung der genetisch bedingten Variation mit dem Prozess der natürlichen Selektion hatten. Vergleichbar mit Geraedts & Boersma (2006) war eine weitere Beobachtung in dieser Studie die mangelnde Bewusstheit der Studierenden für die Bedeutung der Unterscheidung von Ausdrucksweisen wie „Lebewesen passen sich an“ (salopp, umgangssprachlich), die oftmals auch von Experten genutzt werden und fachlich korrekten Beschreibungen. Engel Clough & Wood-Robinson (1985a) fügen hinzu, dass die Konfrontation mit der saloppen Umschreibung alltäglich durch Medien und Ausdrucksweisen der Lehrpersonen gefördert wird.

### Ausgewählte Studien mit explizit quantitativem Schwerpunkt

In einer quantitativ angelegten Studie von Lammert (2012) wurden die Vorstellungen und Einstellungen zur Evolutionstheorie von 3969 Lernenden der 9. und 10. Klassenstufe aus allen Schulformen, von denen ungefähr die Hälfte der Teilnehmer bereits Evolutionsunterricht hatte, mittels eines Fragebogens untersucht. In der Studie sollte der Einfluss des Verstehens, der Einstellung zu Wissenschaft und die Gläubigkeit auf die Akzeptanz der Evolutionstheorie herausgestellt werden. Den Ergebnissen zufolge wirkt sich das Verständnis dabei nur geringfügig auf die Akzeptanz der Evolutionstheorie aus, wird aber in höherem Maße von der Gläubigkeit und der Einstellung zur Wissenschaft beeinflusst. Die meisten Probanden hatten finale und lamarckistische Vorstellungen. Der Evolutionsunterricht zeigte dabei nur einen geringen Einfluss auf die Zustimmung zu Fehlvorstellungen. In vergleichbaren Aufgaben mit unterschiedlichen Kontexten hatten die Schüler relativ inkonsistente Vorstellungen. Dies stützt die Annahme von situativ und spontan generierten Vorstellungen.

Johannsen & Krüger (2005) untersuchten die Vorstellungen von 306 Schülern der 10., 11. und 12. Jahrgangsstufe, die bereits Unterricht zur Evolution erhalten hatten, über geschlossene und offene Fragen. Finale Antwortoptionen wurden dabei am häufigsten gewählt (50% - 70%). Anthropomorphe Vorstellungen (max. 31%) und lamarckistische Vorstellungen (max. 15 %) wurden in geringerem Maße angenommen. Im Vergleich zwischen den Altersstufen zeigte sich eine Abnahme aller Fehlvorstellungen von der 10. bis zur 12. Klasse. Unterschiede zwischen der offenen und den geschlossenen Aufgaben zeigten sich darin, dass die meisten Schüler in den geschlossenen Aufgaben mit Antwortvorgaben Mutation und Selektion als bedeutsam für die Entwicklung von Lebewesen einschätzten. In den freien Antworten nutzten diese Begriffe jedoch nur wenige Probanden. Das zeigt, dass die Teilnehmer die darwinischen Antworten überwiegend plausibel fanden, die Konzepte aber nicht frei in ihre Erklärungen einbringen.

Graf (2008) untersuchte die Vorstellungen von deutschen (n = 1228) und türkischen (n = 520) Biologielehramtsstudenten mit Schulwissen über einen quantitativen Fragebogen. Zwischen 7,7 % und 20% der deutschen und bis zu 75 % der türkischen Studenten lehnten die Evolutionstheorie ab. Die meisten Studenten hatten kein wissenschaftlich angemessenes Verständnis des Begriffs „Fitness“, der meistens im Zusammenhang mit dem Alltagsgebrauch falsch verstanden wird (vgl. Cunningham & Wescott 2009). Finale Vor-

stellungen wurden von 40-50 % der deutschen Studierenden vertreten und lamarckistische Vorstellungen von 25-40 %. Von den türkischen Studenten hatten sogar über 60 % der Teilnehmer finale und lamarckistische Vorstellungen.

### Interventionsstudien

Im Folgenden werden Studien aufgeführt, die Schülervorstellungen im Rahmen einer Intervention untersucht haben. Da verschiedene Interventionskonzepte im Rahmen dieser Arbeit nicht von Bedeutung sind, werden lediglich diejenigen vorgestellt, welche die Schülervorstellungen verschiedener Altersgruppen vor- und nachunterrichtlich hervorheben und weniger bestimmte Vermittlungsansätze. Zudem werden die Studien von Halldén (1988) und Banet & Ayuso (2003) vorgestellt, die Evolution und Genetik in einer Intervention verknüpft haben und die im Rahmen der vorliegenden Arbeit besonders bedeutsam sind.

Fenner (2013) untersuchte Vorstellungen und Einstellungen von Schülern der 5. und 6. Jahrgangsstufe aus Gymnasien und Gesamtschulen (n=710). Zwischengeschaltet war eine Intervention zur Selektionstheorie. Ziel der Studie war es, zu prüfen, ob das Unterrichtsthema Evolution bereits für jüngere Jahrgänge der Sekundarstufe I vermittelbar ist. Fenner konnte bei der Mehrzahl der Schüler vorunterrichtlich die Vorstellung einer zielgerichteten Anpassung ohne ein intraspezifisches Variationsverständnis feststellen. Im Vergleich zu Studien mit Lernenden, die bereits Evolutionsunterricht erhalten haben, konnte sie eine deutliche Abnahme der finalen Vorstellungen nach der Unterrichtseinheit feststellen. Obwohl sich eine Verbesserung im Variationsverständnis der Schüler nach der Intervention zeigte, gingen einige Lernende von einem variationslosen Anpassungsergebnis aus. Schwierigkeiten hatten Schüler mit der Entstehung von Variation und der damit verbundenen Zufälligkeit des Auftretens von Mutationen, die allgemein bei Lernenden aller Altersstufen bekannt ist (Klymkowski 2008, Mead & Scott 2010). Insgesamt zeigt die Studie von Fenner, dass Lernende bereits zu Anfang der Sekundarstufe I befähigt sind, die Mechanismen der Evolution in ihren Grundzügen zu verstehen.

Zabel & Gropengießer (2011) ließen 107 Gymnasiasten der 7. Jahrgangsstufe narrative Texte zur Walevolution vor und nach einer Intervention verfassen. Dabei stellten sie die Vorstellungsveränderungen als eine „Landkarte“ zusammen, auf welcher die vorunterrichtlichen Perspektiven in ihrem Veränderungsprozess bis zu fachlich adäquaten Aussagen dargestellt sind. Erklärungsansätze reichten dabei von bloßen Beschreibungen statt

Erklärungen, über intentionale (anthropomorphe) oder durch Notwendigkeit hervorgerufene (finale) Anpassungsvorgänge auf individueller Ebene, über Veränderungen durch den häufigen Gebrauch von Merkmalen (lamarckistisch) bis hin zu Veränderungen auf Populationsebene durch Variation und Selektion. Die Autoren stellten dabei den stufenartigen und individuellen Charakter der Vorstellungsveränderungen während des Lernprozesses heraus.

Vergleichbar mit der Studie von Zabel & Gropengießer (2011) diskutierte Settlage (1994) die Ergebnisse seiner Prä-Post-Studie mit 200 amerikanischen High-School Schülern nach dem Landkarten-Prinzip, wobei er besondere Schwierigkeitsgrade herausstellte. Ausgehend von der Vorstellung der Anpassung aus Notwendigkeit (vgl. Zabel & Gropengießer 2011, vgl. Demastes et al. 1996) bereitete den Lernenden das Konzept der intraspezifischen Variation Schwierigkeiten. Deutlich anspruchsvoller erwies sich jedoch die Mutation als Ursache der Variation, die weniger Schüler nach der Intervention in ihr Vorstellungsmuster integrierten.

Bishop & Anderson (1990) untersuchten die Vorstellungen von 176 Collegestudenten vor und nach einem Biologiekurs, der Evolution zum Thema hatte. Die Autoren betonten, dass zwei Prozesse von den Studierenden nicht berücksichtigt wurden: das Auftreten verschiedener Merkmale (Variation, zufällige Mutationen) und deren Fortbestand über die Zeit (nicht zufällige Selektion). Stattdessen gingen diese von einem einzigen Prozess aus, der die Entwicklung von Merkmalen bewirkt. Dabei traten die Vorstellungen von einer Veränderung durch „Brauchen“, häufiger Gebrauch oder nicht-Gebrauch von Organen und Anpassung durch Veränderungen der Umwelt, in den Vordergrund. Die Ergebnisse zeigen zudem ein mangelndes Verständnis der Bedeutung der Variabilität, da viele Studierenden typologische Aussagen machten. Die Intervention, welche nach dem Conceptual Change Ansatz konzipiert war und in welcher die Alternativvorstellungen den fachlichen gegenüber gestellt wurden, erwies sich als effektiv, sodass die Mehrzahl der Studierenden nach der Intervention darwinische Konzepte vertraten. Lernende, die zuvor mehr Unterricht zu den Themeninhalten erhalten hatten, schnitten dabei nicht besser ab (vgl. Lammert 2012). Insbesondere die Tatsache, dass Variation durch zufällige Mutationen entsteht, wurde vor der Intervention selten genannt und anschließend deutlich häufiger berücksichtigt, anders als es Settlage (1994) feststellte.

Olander (2008) untersuchte die Begründungen schwedischer Schülern im Alter zwischen 11 und 16 Jahren zur Evolution. Zwischen Vor- und Nachtests fand eine Unterrichtsein-

heit zur Evolution statt, die in einem iterativen Verfahren in enger Zusammenarbeit von Lehrern und Wissenschaftlern entwickelt wurde. Die Aussagen der Lernenden wurden mit einem Kategoriensystem, das verschiedene qualitative Level unterscheidet, analysiert. Es zeigte sich, dass sowohl Schüler der 5. als auch der 9. Klassenstufe im Vortest entweder nur Beschreibungen, statt Erklärungen gaben oder teleologische (finale) Erklärungsmuster nutzen. Der Anteil teleologischer Erklärungen war auch noch nach der Intervention hoch (5-7. Klasse: pre 38% und post 45 %, 9. Klasse: pre 46% und post 25%). Für die 5-7. Klasse ergab sich sogar ein Anstieg. Jedoch zeigte sich auch ein deutlicher Anstieg in den Erklärungen im Sinne der natürlichen Selektion, insbesondere bei Lernenden der 9. Klasse. Insgesamt ergaben sich jedoch ähnliche Verteilungsmuster in den unterschiedlichen Klassenstufen. Diese Studie bestätigt dabei die besondere Beständigkeit der finalen Vorstellungen auch bei älteren Schülern und zeigt, dass sich für Schüler aus der Kombination fachlicher und fachlich inadäquater Ansätze kein Widerspruch ergeben muss.

Halldén (1988) untersuchte das Verständnis von Evolution und der Entwicklung von Arten bei 27 schwedischen Schülern im Alter von 17 Jahren vor und nach einer Intervention. Die ausgewählte Klasse erhielt Unterricht zu Evolution und Genetik. Zunächst zeigten die Autoren, dass die Lernenden die einzelnen Aspekte des Genetikunterrichts nicht in einen Zusammenhang bringen konnten. Die Lernenden konnten zwar nach dem Unterricht einzelne Fragmente erklären, aber nicht im Ganzen zur Erklärung von Anwendungsbeispielen heranziehen. Die Intervention bot ein Beispiel an, auf welches die einzelnen Inhalte angewendet werden sollten. Wurden untergeordnete Prozesse dann im Detail erklärt, brach der Bezug zum praktischen Beispielkontext ab. Zu den Inhalten der Evolution beschrieben viele Lernende, dass Arten sich anpassen, um zu überleben. Die Veränderung der Arten wurde dabei typologisch beschrieben. Die Notwendigkeit ergab sich aus dem Risiko des Aussterbens. Die zielgerichtete Veränderung wurde bei vielen Schülern von der Natur induziert. Selektive Aspekte wurden im Zusammenhang der Vorstellung „Überleben der Stärksten“ angesprochen. Insgesamt konnten nach der Intervention mehr Schüler eine darwinische Erklärung angeben, mischten diese aber auch mit alternativen Vorstellungen (vgl. Olander 2008).

Banet & Ayuso (2003) entwickelten ein Lernprogramm zu Vererbung und Evolution für spanische Schüler im Alter von 15-16 Jahren, das durch die Erfassung der Vorstellungen in einem Prä-, Post- und Retest- Design evaluiert wurde. Häufige Schülervorstellungen

im pre-Test waren, dass nur die Geschlechtszellen Vererbungsinformationen enthalten (a), Vererbungsinformationen zu den Geschlechtszellen transferiert werden (b), Mutationen zielgerichtet auftreten, weil sie gebraucht werden (c) und Evolution mit einer graduellen Anpassung an Umweltbedingungen gleichzusetzen ist. Im Rahmen evolutionärer Vorstellungen trat zudem die Vorstellung einer zielgerichteten Veränderung hervor, auf die dann eine Vererbung erworbener Merkmale folgt (finale und lamarckistische Vorstellungen). Die Intervention war so konzipiert, dass die Aspekte der biologischen Vererbung gleichzeitig mit Evolution unterrichtet wurden, um die Lernenden darin zu unterstützen, die Ursachen der interspezifischen Variation zu verstehen. Thematisiert wurde beispielsweise, dass Lebewesen erbliche und nicht erbliche Charakteristiken haben und die Unterscheidung von Phänotyp und Genotyp. Anders als in den gängigen Unterrichtskonzepten sahen die Autoren von der Vermittlung der Mendel-Genetik als anfängliches Unterrichtsthema zur Genetik ab, weil die Schüler besondere Schwierigkeiten mit den genetischen Strukturen, wie Gene und Chromosomen, bei Pflanzen hatten (Prätest). Stattdessen wurden leicht erkennbare Merkmale bei Menschen als Beispiele gewählt. Die Intervention berücksichtigte die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen und ging auf reale Problembeispiele ein, mit deren Hilfe wissenschaftliche Begründungen entwickelt werden sollten. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Zunahme fachlicher Vorstellungen im Post- und Retest. Die Intervention mit den spezifischen genetischen Schwerpunkten stellte sich als effektiv für ein nachhaltiges Verständnis heraus und bestätigt die Annahme, dass die Mendel-Genetik nicht notwendigerweise grundlegend für das Verständnis der Vererbung sein muss, auch im Hinblick auf das Verständnis evolutionärer Mechanismen.

#### **2.4.4.3 Überblick über den Forschungsstand zu Schülervorstellungen zur Evolution**

Im Überblick werden Studien einbezogen, die im Stand der Forschung nicht näher beschrieben wurden, weil sie von geringerer Bedeutung sind.

Das Zusammentragen der Studien zu Fehlvorstellungen zur Evolution hat gezeigt, dass selbst viele Studenten fachlich inkorrekte Vorstellungen äußern. Vor dem Hintergrund, dass die Evolution als grundlegendes Strukturierungsprinzip im Biologieunterricht zu einem umfassenden Verständnis der curricularen Themenschwerpunkte beitragen soll (Graf 2009b, van Dijk & Kattmann 2009), sind diese Ergebnisse bedenklich. Verschiede-

ne Interventionsansätze zeigten, dass die Vermittlung des Themas eine Herausforderung ist und möglichst früh in den Lehrplänen verankert werden sollte.

Finale (oder teleologische) Vorstellungen wurden in den meisten Studien als die häufigsten Vorstellungen und Erklärungsmuster ermittelt (Deadman & Kelly 1978, Brumby 1979, Bishop & Anderson 1990, Tamir & Zohar 1991, Jimenez-Alexandre 1992, Demastes et al. 1996, Ferrari & Chi 1998, Southerland et al. 2001, Shtulman 2006, Kampourakis & Zogza 2007, Johannson & Krüger 2005, Prinou & Halkia 2008, Graf 2008, Olander 2008, Zabel & Gropengießer 2011). Diese sind zudem auch nach entsprechenden Interventionen oder unterrichtlichen Vorerfahrungen (Bizzo 1994, Settlage 1994, Johannson & Krüger 2005, Graf 2008, Olander 2008) und auch noch bei Erwachsenen mit abgeschlossener Ausbildung vorhanden (Spiegel et al. 2006, Kelemen & Rosset 2009). Vorstellungsvarianten der finalen Kategorie waren in vielen Fällen die Anpassung oder Veränderung aus Notwendigkeit (brauchen) (Deadman & Kelly 1978, Brumby 1979, Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Bishop & Anderson 1990, Baalman et al. 2004) oder die gezielte genetische Anpassung von Individuen (Halldén 1988, Shtulman 2006, Banet & Ayuso 2003, Anderson et al. 2002). Bei teleologischen Vorstellungen wurden die gezielten Veränderungen mit der Natur oder der Umwelt als ausführende Instanz, bzw. Akteur in Verbindung gebracht (Halldén 1988, Bishop & Anderson 1990, Southerland et al. 2001, Alterns & Nelson 2002, Baalman et al. 2004, Zabel 2009, Catz et al. 2010). Baalman et al. (2004) ermittelten zudem den Körper als Akteur der gezielten Anpassung. Insbesondere Lernende, die bereits zu Evolution unterrichtet wurden, waren sich oftmals nicht der Bedeutung einer präzisen fachlichen Erklärung bewusst und nutzen finale Ausdrucksweisen als abkürzende Formulierungen (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Moore et al. 2002, Geraedts & Boersma 2006). Tamir & Zohar (1991) untersuchten den Wahrheitsgehalt dieser Vorstellungen (und der anthropomorpher) genauer und konnten bei der Mehrheit der Befragten in verschiedenen Altersstufen eine Übereinstimmung der Aussagen und den zugrunde liegenden Vorstellungen feststellen. Lamarckistische Vorstellungen wurden als weitere häufige Schülervorstellungen in mehreren Studien ermittelt (Brumby 1979, Bishop & Anderson 1990, Jimenez-Alexandre 1992, Banet & Ayuso 2003, Robbins & Roy 2007, Lammert 2012), nicht aber in vergleichbarem Umfang wie finale Vorstellungen (Greene 1990, Jensen & Finley 1996, Kampourakis & Zogza 2007). Anthropomorphe Vorstellungen traten ebenfalls in geringerem Umfang auf (Palmer 1996, Moore et al. 2002, Prinou & Halkia 2008). Eine weitere selbstbestimmte

Reaktion von Individuen auf veränderte Umweltbedingungen zeigte sich in der Vorstellung des Suchens neuer Lebensräume, wobei keine Veränderungen von Merkmalen oder Eigenschaften stattfindet (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Baalman et al. 2004, Zabel 2009).

Die Erklärung des Anpassungsprozesses erwies sich für viele Lernende als besonders schwierig (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Palmer 1996). Dabei nutzen die Lernenden meist nur das Verb „anpassen“ nicht aber den Zustand „Angepasstheit“, der keine Alltagsrelevanz hat (Palmer 1996, Halldén 1988). Besondere Schwierigkeiten mit dem Verständnis des evolutionären Prozesses führten Ferrari & Chi (1998) und Geraedts & Boersma (2006) auf ein alltagsbezogenes Verständnis von Prozessen als ereignisähnlich, vergleichbar mit dem Start-Weg-Ziel Schema, zurück. Evolutionäre Veränderungen können dabei graduell und sukzessiv in der Zeit ablaufen (Brumby 1979, Baalman et al. 2004) und als Verbesserung der Eigenschaften verstanden werden (Deadman & Kelly 1978, Bizzo 1994). Prozessbezogene Fehlvorstellungen ergaben sich insbesondere daraus, dass viele Lernende Schwierigkeiten hatten, ein angemessenes Variationsverständnis aufzubauen oder die Ursachen von Variation zu erklären (Kampourakis & Zogza 2007). Sie argumentieren daher auf typologische Art und Weise, bzw. beschreiben evolutionäre Veränderungen auf individueller Ebene und nicht auf der Ebene der Population (Bizzo 1994, Settlage 1994, Palmer 1996, Moore et al. 2002, Shtulman 2006, Prinou & Halkia 2008, Pazza et al. 2010, Fenner 2013). Das Variationsverständnis ist zudem bedeutsam im Rahmen von Studien, die sich mit der Verknüpfung evolutionärer und genetischer Grundlagen befassen. Banet & Ayuso (2003) stellten dabei die Verknüpfung von Variation und Selektion als schwierig zu verstehen heraus. Äußern Lernende Selektions-Ansätze, werden diese oftmals mit dem Überleben der Stärksten verknüpft (Halldén 1988, Prinou & Halkia 2008, Cunningham & Wescott 2009). Mehrfach gefunden wurde zudem die Vorstellung einer automatischen Anpassung bzw. der Vorstellung, dass diese ein natürlicher Prozess ist, der einfach so passiert (Deadman & Kelly 1978, Brumby 1979, Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, vgl. Weitzel 2006).

Viele Studien zeigten, dass alternative Vorstellungen zur Evolution oftmals parallel auftreten (Brumby 1979, Halldén 1988, Tamir & Zohar 1991, Ferrari & Chi 1998, Spiegel et al. 2006, Cunningham & Wescott 2009, Gregory & Ellis 2009) oder die Erklärungsansätze wechseln und nicht konsistent vertreten werden (Demastes et al. 1996, Southerland et al. 2001, Shtulman 2006, Lammert 2012). Lernenden können dabei fachliche Ansätze und



Fehlvorstellungen parallel annehmen, ohne dass dabei Widersprüche auftreten (Southernland et al. 2001, Gregory & Ellis 2009). Andere Studien zeigten jedoch, dass je mehr fachlich korrekte Aspekte in den Erklärungsmustern konsistent angewendet wurden, umso weniger finale oder lamarckistische Ansätze einbezogen wurden (Greene 1990, Moore et al. 2002). Gleichzeitig kann die Inkonsistenz wiederum auf die Kontextabhängigkeit der Vorstellungen zurückgeführt werden (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Engel Clough & Driver 1986, Nehm & Ha 2011). Die Vermischung fachlicher Ansätze mit Fehlvorstellungen trat auch in Studien hervor, in denen sowohl geschlossene als auch offene Aufgaben bearbeitet wurden. Die Zustimmung zu fachlichen Vorstellungen in den geschlossenen Aufgaben konnte in den offenen Aufgaben, in denen Lernende ihre Vorstellungen frei formulieren sollten, nicht konsequent beibehalten werden (Johannsen & Krüger 2005, Wallin 2008, Prinou & Halkia 2008). Dabei werden neben der Konsistenz von Vorstellungen auch Fragen hinsichtlich der Anforderung in geschlossenen und offenen Aufgabenformaten und zur Vergleichbarkeit verschiedener Aufgabenformate aufgeworfen.

### **2.4.5 Schülervorstellungen zur Vererbung**

Chin & Teou (2010) führten eine Studie zu den Vorstellungen 10-11 Jähriger in Singapur mit dem Ziel durch, Diagnoseinstrumente im Rahmen der formativen Diagnostik zu evaluieren. Zum Zeitpunkt der Studie lernten die Teilnehmer basale Konzepte zur Vererbung. Mit Hilfe von Concept Cartoons, Schülerzeichnungen und Gruppendiskussionen wurden verschiedene Fehlvorstellungen ermittelt, welche die mangelnde Unterscheidung von Genotyp und Phänotyp reflektierten. In dieser Studie wurde die Vorstellung „ein Gen = ein Merkmal“ gefunden, wobei Gene vererbt werden und diese dann im Sinne einer verdeckten Vererbung (verdeckte Gene) nach mehreren Generationen wieder als Merkmale hervortreten können. Vergleichbar mit Engel Clough & Wood-Robinson (1985b) fanden die Autoren zudem die Vorstellung einer geschlechtsspezifischen Begünstigung der Vererbung, wobei ein Mädchen mehr Gene von der Mutter hat. Die Vorstellung von einer Mischung elterlicher Merkmale wurde in dieser Studie zudem zu exakt gleichen Anteilen angenommen. Die Vererbung von elterlichen oder großelterlichen Merkmalen hing dabei oft mit den individuellen Erfahrungen innerhalb der Familie zusammen.

Kargbo et al. (1980) führten Interviews zur Vererbung erworbener Merkmale mit 32 kanadischen Schülern im Alter zwischen 7 und 13 Jahren durch. In den Ergebnissen wurden

Vorstellungen bezüglich umweltinduzierter und geerbter Merkmale unterschieden. In dieser Studie spielte der Faktor Zeit eine entscheidende Rolle, sodass die Vererbung erworbener Merkmale nach einer gewissen Zeit für viele Lernende vorstellbar war, nicht aber unmittelbar (vgl. Engel Clough & Wood-Robinson 1985b). Vorstellungen zur Vererbung elterlicher Merkmale ergaben Übereinstimmungen mit den Ergebnissen von Engel-Clough & Wood-Robinson (1985b) und Tsai & Chou (2010), wobei die gleichgeschlechtliche Vererbung und die Vorstellung einer Merkmalsmischung genannt wurden. Es finden sich auch Vorstellungen zu dimorphen Merkmalen bei denen Frauen auf Grund ihres Geschlechts beispielsweise eine geringere Körpergröße erben.

Engel Clough & Wood-Robinson (1985b) interviewten 84 amerikanische Schüler im Alter von 12-16 Jahren zu ihren Vorstellungen zu Vererbung. Dazu wurden drei verschiedene Kontexte genutzt, in denen die Merkmale innerhalb eines Lebens erworben wurden. Die Schüler sollten ihre Vorstellungen hinsichtlich des Vorkommens dieser Merkmale in den nachfolgenden Generationen wiedergeben. Die meisten Teilnehmer lehnten die Vererbung erworbener Merkmale (lamarckistische Vorstellung) ab, weil ihnen die genetische Grundlage fehlte, oder weil sie es als unnatürlich empfanden. Den genetischen Zusammenhang konnten diese Schüler aber nicht hinreichend erklären. Andere gingen davon aus, dass die Merkmale an die erste nachfolgende Generation vererbt werden würden (2%-19%). Die Vererbung erworbener Merkmale nach einiger Zeit (nach mehreren Generationen) war wiederum für 44-48% der Teilnehmer vorstellbar. Hinsichtlich der Vererbung intraspezifischer Variation bezogen 49% der Schüler keine genetischen Konzepte ein und argumentierten nur auf phänotypischer Ebene. Weitere 32% gingen davon aus, dass genetische Funktionseinheiten, die bei der Fortpflanzung weitergegeben werden, entscheidend für die Merkmale der Nachkommen sind. Merkmale der Eltern können in einer Mischform bei den Nachkommen auftreten, oder eine bevorzugte Vererbung gleichgeschlechtlicher Merkmale. Schüler mit der Vorstellung „ein Gen entspricht einem Merkmal“ stellten sich vor, dass Merkmale auf ein Elternteil zurückgehen. Der Altersvergleich zeigte, dass mit zunehmendem Alter mehr genetische Aspekte bei der Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale einbezogen wurden, die Vererbung erworbener Merkmale über Generationen jedoch in allen Altersstufen als plausible Erklärung aufgefasst wurde.

Ramorogo & Wood-Robinson (1995) untersuchten die vorunterrichtlichen Vorstellungen 12-16 Jahre alter afrikanischer Schüler (n = 64) zur Vererbung. Die Studie wurde in An-

lehnung an die Untersuchung von Engel Clough & Wood-Robinson (1985b) durchgeführt, wodurch Vergleiche gezogen werden konnten. Kontextabhängige Unterschiede ergaben sich in den Ergebnissen darin, dass die Merkmale der Tiere (Kühe) von den Eltern abhängig gemacht wurden, während bei Pflanzen (Hirse) umweltabhängige Einflüsse als entscheidend angenommen wurden. Der Einfluss der elterlichen Merkmale auf die Merkmale der Nachkommen wurde in dieser Studie durch die Vorstellung starker Gene erweitert, die sich durchsetzen und so die Merkmale des Nachkommen bestimmen. Für Nachkommen eines Elternpaars, stellten sich viele Schüler vor, dass einige die Merkmale der Mutter und andere die Merkmale des Vaters haben werden. Vergleichbare Vorstellungen ergaben sich für die Vererbung erworbener Merkmale. Weitere Vorstellungen deckten sich mit denen, die Engel Clough & Wood-Robinson (1985b) gefunden haben. Aussagen zu altersabhängigen Unterschieden wurden in dieser Studie auf Grund der geringen Stichprobe und unklarer Tendenzen nicht gemacht.

Hackling & Treagust (1982) konzentrierten sich in einer Interviewstudie mit 48 australischen 15 Jährigen auf besonders schwer zu verstehende Konzepte im Zusammenhang der Mechanismen der Vererbung. Es zeigte sich, dass Konzepte, zu denen ein Alltagsbezug herstellbar war, leichter verständlich waren (Merkmale der Kinder kommen von den Eltern). Auch der Einfluss der Umwelt war leicht zu verstehen. Schwierigkeiten hatten die Lernenden mit dem Konzept der Polygenie. Es stellte sich heraus, dass dieses Konzept im Unterricht kaum behandelt wurde, obwohl viele Merkmale polygenetisch determiniert sind. Als schwer verständlich stellte sich auch die Zufälligkeit verschiedenster Vererbungsvorgänge heraus bzw. die Vielzahl an möglichen Phänotypen, anders als dies durch Voraussagen bei monogenetischen Merkmalen der Fall ist.

Kibuka-Sebitosi (2007) untersuchte die Vorstellungen zur Mendelschen Vererbung und Genetik bei südafrikanischen Schülern im Alter von 15-16 Jahren mit unterschiedlichen Methoden (Interviews, Fragebögen, Gruppendiskussion, Concept Maps). Bei der Frage zur Vererbung des Verlusts von Gliedmaßen lehnten 75% der Schüler die Vererbung der erworbenen Merkmale ab. 55,6 % begründeten das damit, dass die Gene dabei nicht verändert werden und die Geschlechtszellen nicht beeinflusst werden. Damit ergaben sich in dieser Studie vergleichbare Ergebnisse mit Engel Clough & Wood-Robinson (1985b). 20% konnten keine Begründung dafür angeben. Eine geringe Anzahl an Teilnehmern (5,6%) nannte Gott als merkmalsdeterminierende Instanz, weshalb die Merkmale nicht auf die Vorfahren zurückzuführen sind. Albinismus (weitere Frage) wurde ebenfalls von

42% auf geerbte Gene und Chromosomen zurückgeführt. Auch bei dieser Frage gaben einige Lernende (8%) kreationistische Vorstellungen als Gründe an oder nannten kulturell bedingte abergläubische Erklärungen.

Lewis & Kattmann (2004) verglichen zwei unabhängige Studien aus dem englischsprachigen (482 Schüler im Alter 14-16) und dem deutschen Raum (10 Schüler im Alter 15-19) miteinander, um wesentliche Hindernisse in der fachlich angemessenen Vorstellungsentwicklung zu den Prozessen und Mechanismen der Vererbung herauszustellen. Der Vergleich zeigt, dass die Schüler Vererbung als die Übermittlung von Merkmalen und Charakteristiken durch Gene verstehen. Daraus folgt die Gleichsetzung von Phänotyp und Genotyp, wobei der Phänotyp in den Erklärungen der Schüler im Vordergrund stand. Schwierigkeiten ergaben sich in der Unterscheidung verschiedener Begriffe, wie Gene, genetische Information und Chromosomen, die oftmals verwechselt wurden. Sehr selten gingen die Lernenden auf Allele ein. Mangelnde Fähigkeiten im Umgang mit dem fachlich angemessenen Vokabular erschwerten die Erklärung der Prozesse und Mechanismen wiederum. Schwierigkeiten zeigten sich zudem darin, die Strukturen, wie Gene und Produkte (Charakteristika), auseinanderzuhalten bzw. in einen Zusammenhang zu bringen.

Marbach-Ad (2001) untersuchte das Verständnis der Zusammenhänge genetischer Konzepte bei israelischen Schülern und Lehrpersonen (n = 356). Die Teilnehmer waren im Alter von 14-18 Jahren. Die Lehrpersonen unterrichteten am College oder an der Universität. Das Verständnis wurde mittels Fragebögen, Interviews und Concept-Maps untersucht. Es zeigte sich, dass die meisten Schüler und College-Lehrer entweder funktionale oder strukturelle Erklärungen für die Begriffe DNA und Gene gaben und nicht auf beide Aspekte eingingen. Gene wurde von den Schülern mit Merkmalen gleichgesetzt, oder als merkmalsdeterminierend beschrieben. Die Interviews zeigten, dass die Schüler oftmals Schwierigkeiten hatten, die Zusammenhänge hinreichend zu erklären, sie konnten lediglich Verknüpfungen herstellen. Die Erklärungen der College- und Universitätslehrer waren dabei in den meisten Fällen angemessen und sehr viel präziser ausgeführt.

In einer primär methodisch ausgerichteten Untersuchung von Bahar et al. (1999) wurden die Verknüpfungen basaler genetischer Schlüsselwörter mittels eines Wortassoziations-tests untersucht. Es zeigte sich, dass 280 englische Studenten, am Anfang ihres Biologiestudiums, überwiegend die Begriffe Gene, Chromosomen und Mutationen verknüpften, nicht aber auf eine übergeordnete Ebene, beispielsweise des Phänotyps, brachten. Diese Studie unterstützt die Erkenntnisse von Marbach-Ad (2001), dass Lernende Schwierigkei-

ten damit haben, die abstrakten Begriffe in einen fachlich angemessenen Zusammenhang zu bringen und von der „Mikroebene“ auf eine übergeordnete anwendungsbezogene Ebene zu übertragen.

Lewins, Leach & Wood-Robinson untersuchten die Vorstellungen von Lernenden zwischen 14 und 16 Jahren zu den Prozessen der Vererbung und den beteiligten Strukturen in einer Studie, die 2000 in mehreren Artikeln publiziert wurde. Hier wird im Folgenden eine Auswahl davon vorgestellt. Die Teilnehmer wurden zum Zeitpunkt der Studie bereits zu den Themeninhalten unterrichtet.

Wood-Robinson et al. (2000) untersuchten die Vorstellungen 35 englischer Schüler im Alter von 15-16 Jahren zu ihrem Verständnis von Genetik auf Zellebene. Phänotypische Unterschiede führten die Schüler darauf zurück, dass Individuen über „eigene“ Gene verfügen, auf Grund derer sie anders aussehen. Das begründeten sie damit, dass die genetische Information bei Individuen unterschiedlich sein muss, da sie sonst gleich aussehen würden. Darin zeigt sich die Schwierigkeit der Lernenden, die genotypische und die phänotypische Ebene in einen adäquaten Zusammenhang zu bringen.

In einer weiteren Studie (Lewis et al. 2000a) zu den Vorstellungen der Lernenden zu Genen findet sich die Vorstellung zur Weitergabe von Genen an die Nachkommen. Es zeigte sich erneut die Schwierigkeit der Lernenden die abstrakten Begriffe wie Gene, Allele, Chromosomen und DNA auseinanderzuhalten. Dass insbesondere der Begriff „Allele“ nicht erklärt werden konnte, passt zu der Feststellung, dass die Schüler sich vorstellen, dass die Gene transferiert werden.

Lewis et al. (2000b) stellten zudem fest, dass die Schüler keinen Unterschied zwischen Genen und genetischer Information (welche das konkrete Genprodukt bestimmen) machten. Ob sich Zellen in ihrer genetischen Ausstattung unterscheiden, war für viele Schüler nicht klar. Einige argumentierten, dass sie sich unterscheiden müssen, da sie sich in unterschiedliche Organe ausdifferenzieren (vgl. Hackling & Treagust 1982), andere wiederum gingen davon aus, dass die Zellen sich nicht unterscheiden. Dabei ergaben sich dann Widersprüche zu den parallelen Annahmen, dass Individuen auf Grund unterschiedlicher Optik unterschiedliche Gene haben müssten.

Frerichs (1999) interviewte im Rahmen ihrer Dissertation 8 Schüler der 8., 9., 12. und 13. Jahrgangsstufe zu ihren Vorstellungen zu den Strukturen und Prozessen der Vererbung. Dabei ordnete sie die Vorstellungen in Denkfiguren und Konzepte. Die materielle Basis

der Vererbung wurde allgemein als nicht sichtbar aufgefasst. Bezüglich der Prozesse gingen die Lernenden davon aus, dass Merkmale oder Gene kontinuierlich und konstant bzw. unverändert weitergegeben, vererbt oder transportiert werden. Die kontinuierliche Weitergabe führt die Autorin auf Alltagserfahrungen mit dem Begriff Vererbung im juristischen Sinne („Erbstücke“) zurück. Phänotypische Abweichungen bei den Nachkommen begründeten die Schüler mit verdeckter Vererbung, bei der Merkmale der Vorfahren auftreten, die beispielsweise bei den Eltern nicht sichtbar wurden. Generationen können dabei übersprungen werden, bis die verdeckten Eigenschaften oder Merkmale wieder hervortreten (vgl. Chin & Teou 2010). Eine weitere Erklärung für abweichende Merkmale war die Eigenschaftsmischung der Eltern, die dann zu einer abgewandelten Eigenschaft der Nachkommen führt (vgl. Kargbo et al. 1980, vgl. Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, vgl. Chin & Teou 2010). Als Mechanismus der kontinuierlichen Weitergabe stellten sich die Schüler beispielsweise vor, dass die Erbmerkmale verdoppelt werden, wenn sie an die Nachkommen weitergegeben werden. Die phänotypische Ausprägung führten einige Lernende auf den Zufall zurück. Merkmale und Eigenschaften wurden zu einem großen Teil als erblich bedingt beschrieben, einige andere Eigenschaften, wie Verhalten oder Musikalität wurden zudem auf äußere Faktoren wie Erziehung zurückgeführt. Werden Eigenschaften oder Erbeinheiten verändert und nicht auf Eigenschaftsmischungen zurückgeführt, gingen die Schüler oftmals von „Fehlern“ aus, die zu negativen Auswirkungen oder Behinderungen führen. Insbesondere Mutationen werden dabei negativ gesehen und in einen Zusammenhang mit Nachteilen gebracht (vgl. Bowling et al. 2008). Insgesamt lässt sich dabei ein Bezug zu der Vorstellung der Konstanz von Merkmalen und Eigenschaften bei der Vererbung über Generationen ziehen, die als Normalfall verstanden wurde, während Abweichungen tendenziell negativ bewertet wurden. In einigen Fällen wurden Veränderungen jedoch auch als positiv und notwendig aufgefasst, da sie aus der Sicht dieser Schüler das Überleben sichern. Dabei wurde der Bezug zur evolutionären Ebene erkennbar.

Es gibt einige Studien von Solomon und Springer zu den Vorstellungen zur Vererbung bei Vorschulkindern, bei welchen sich die Inhalte primär auf die Ähnlichkeit von Verwandten konzentrieren, die aber im Zusammenhang dieser Studie nicht näher vorgestellt werden (z.B. Springer 1996, Solomon & Johnson 2000).

Eine Studie von Williams & Tolmie (2000) beschäftigte sich mit der Effektivität verschiedene Conceptual Change Mechanismen bei der Vermittlung von Vererbung bei 8-12

Jährigen. Dabei wurden verschiedene naive Vorstellungen zur Vererbung erworbener Merkmale zu dem Beispiel des Unfalls und dem Verlust von Gliedmaßen in einem vorunterrichtlichen Test gefunden. Die Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale wurde durch verschiedene fachlich inkorrekte Erklärungen begründet. Einige Schüler gaben an, dass normalerweise alle Organismen die ursprünglichen Merkmale haben und daher keine verkürzten Gliedmaßen vorkommen. Diese Erklärung beruhte allein auf alltäglichen Erfahrungen. Andere gaben an, dass die Nachkommen zum Zeitpunkt des Unfalls nicht im Bauch der Mutter waren und somit nicht beeinflusst werden. Andere wiederum vertraten die Vorstellung, dass die Nachkommen zum Teil ursprüngliche und zum Teil neu erworbene Merkmale haben werden, weil ein Teil von der Mutter und ein Teil vom Vater vererbt wird. Dabei hat ein Elternteil neu erworbene Merkmale. Weitere Gründe bezogen sich auf die Geschlechtszellen oder Gene, mit denen gleichzeitig die Merkmale weitergegeben werden. Da diese nicht von der Veränderung beeinflusst werden, haben die Nachkommen ursprüngliche Merkmale. Die verschiedenen Interventionen hatten insgesamt einen positiven Effekt auf die Entwicklung fachlich angemessener Vorstellungen, wobei Gruppendiskussionen einen positiven Einfluss hatten.

#### **2.4.5.1 Überblick über den Forschungsstand zu Schülervorstellungen zur Vererbung**

In diesem Überblick werden an einigen Stellen Quellen aufgeführt, die nicht im Detail beschrieben werden (Kap. 2.4.5), weil sie von geringerer Relevanz im Rahmen dieser Arbeit sind. Vorstellungen zur Genetik und Vererbung wurden in einem Review von Wood-Robinson (1994) zusammengestellt.

Auf der Ebene der Strukturen werden Gene oftmals mit Merkmalen gleichgesetzt (Marbach-Ad 2001, Lewis & Kattmann 2004, Chin & Teou 2010). Gleichzeitig wird dabei nicht zwischen genotypischer und phänotypischer Ebene unterschieden. Studien, welche die Vorstellungen zu den abstrakteren Ebenen der Genetik untersucht haben, konnten besondere Schwierigkeiten der Lernenden mit der Unterscheidung der verschiedenen Strukturen feststellen (Lewis et al. 2000b) bzw. Probleme mit den verschiedenen Termini (Lewis & Kattmann 2004), wodurch die Vermittlung der Inhalte erschwert wird. Hindernisse stellten zudem die Verknüpfung der Begriffe und die Herstellung der Zusammenhänge dar, insbesondere aber der Transfer auf eine übergeordnete Ebene, wie beispielsweise den Phänotypen (Bahar et al. 1999, Marbach-Ad 2001).

Bei der Vererbung besitzen die Merkmale der engsten Verwandten, wie die der Eltern, eine entscheidende Rolle. Kinder argumentieren dabei rein auf phänotypischer Ebene über verwandtschaftliche Verhältnisse und die optische Ähnlichkeit (Springer 1996, Solomon & Johnson 2000), während Lernende mit zunehmendem Alter genetische Aspekte integrieren (Engel Clough & Wood-Robinson 1985b). Viele Schüler gehen davon aus, dass die Vererbung ein Prozess des Weitergebens ist (Frerichs 1999). Die Vererbung von Gütern, beispielsweise, die in der Familie weitergegeben werden, führt Frerichs (1999) als Begründung an. Venville et al. (2005) stellten jedoch fest, dass bereits jüngere Lernende zwischen sozialer und genetisch bedingter Vererbung unterscheiden können. Eine der meist untersuchtesten Vorstellungen ist die Vererbung erworbener Merkmale, die im Zusammenhang mit Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution als lamarckistische Vorstellungen bezeichnet werden. Wird diese Vorstellung abgelehnt, dann weil die Lernenden nicht von einem Einfluss auf die genetische oder somatische Körperebene ausgehen (Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, Williams & Tolmie 2000, Kibuka-Sebitosi 2007). Findet die Vererbung erworbener Merkmale jedoch erst nach mehreren Generationen statt, erscheint sie oftmals plausibler, selbst bei Lernenden höherer Altersstufen (Engel Clough & Wood-Robinson 1985b). Weitere Varianten sind die direkte Vererbung (Engel Clough & Wood-Robinson 1985b), oder teilweise Vererbung an einen Teil der Nachkommen (Ramorogo & Wood-Robinson 1995, Williams & Tolmie 2000). Viele Lernende gehen von einer gleichgeschlechtlichen Vererbung aus (Chin & Teou 2010), oder einer Begünstigung gleichgeschlechtlicher Merkmale, bei welcher beispielsweise die Tochter mehr von der Mutter erbt (Kargbo et al. 1980, Engel Clough & Wood-Robinson 1985b). Weit verbreitet ist auch die Ansicht, abweichende Merkmale der Nachkommen werden durch eine Merkmalsmischung der Eltern verursacht (Kargbo et al. 1980, Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, Frerichs 1999, Chin & Teou 2010). Wesentlich dabei ist die Annahme, dass die Merkmale konstant und kontinuierlich über Generationen weitergegeben werden (Venville & Treagust 1998, Frerichs 1999). Nicht nur Merkmale werden weitergegeben oder vererbt, sondern auch Gene (Frerichs 1999, Lewis et al. 2000b). Dabei wird nicht zwischen Genen und genetischer Information unterschieden (Lewis et al. 2000a). Abweichungen, die nicht auf eine Merkmalsmischung der Eltern zurückgeführt werden, werden mit einer verdeckten Vererbung (Venville & Treagust 1998, Frerichs 1999, Chin & Teou 2010), eigenen Genen (Lewis et al. 2000a) oder fehlerhaften Prozessen, beispielsweise durch Mutationen, begründet (Frerichs 1999, vgl. Bowling et al. 2008). In Bezug auf evolutionäre Vorstellungen fand Frerichs (1999) jedoch auch eine



positive Assoziation mit Mutationen, wenn die dadurch hervorgerufenen Veränderungen das Überleben der Individuen sichern können (zielgerichtete Veränderungen). Ähnlich wie bei Evolution haben viele Lernende zudem Schwierigkeiten die Zufälligkeit von Vererbungsvorgängen und verschiedenen Phänotypen zu akzeptieren (Hackling & Treagust 1982, Jimenez-Aleixandre et al. 1996, Frerichs 1999). Schwer verständlich ist in diesem Rahmen vor allem die Polygenie, die trotz der Bedeutsamkeit für den Unterricht oft nur peripher behandelt wird (Hackling & Treagust 1982).

## 2.5 Evolution und Genetik im Unterricht

In den Biologie-Lehrplänen war die Vermittlung des Unterrichtsthemas Genetik lange Zeit vor der Unterrichtung der Evolution angesiedelt. Diese Reihenfolge wurde damit begründet, dass für ein umfangreiches Verständnis der Evolution genetische Grundlagen erforderlich sind. Viele Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution haben jedoch gezeigt, dass Lernende dieses Wissen nicht auf evolutionäre Inhalte anwenden. Kattmann (1992, 2000), Baalman et al. (2005) und Graf (2009b) weisen darauf hin, dass Evolution als durchgängiges Erklärungsprinzip die Grundlage aller biologischer Unterrichtsthemen darstellen müsste und auch für das Verständnis der Genetik ein direkter Bezug zur Evolution hergestellt werden sollte.

Die Nutzung der Mendelschen Gesetze als Einführungsthema in die Genetik wird vor dem Hintergrund weit verbreiteter Schülervorstellungen und Verständnisschwierigkeiten mit den Prozessen und Strukturen der Genetik, die wiederum im Zusammenhang mit evolutionären Vorgängen stehen, kritisch betrachtet (Smith et al. 1995, Frerichs 1999, Banet & Ayuso 2003). Kattmann et al. (2007a) merken an, dass die Mendel-Erbgänge Sonderfälle sind, worauf selten hingewiesen wird. Schüler erklären dann die zahlreichen polygenen Merkmale unpassend über die Mendel-Genetik (Dougherty 2009). Beispiele monogener Vererbung können dazu führen, dass Gene und Merkmale nicht hinreichend unterschieden werden, bzw. Genotyp und Phänotyp gleichgesetzt werden und Vererbung als direkte Weitergabe von Eigenschaften verstanden wird (Frerichs 1999). Banet und Ayuso (2003) beschreiben zudem die anfängliche Nutzung von Pflanzen als Beispielorganismen als ungeeignet, da Lernende Schwierigkeiten haben, Pflanzen wesentliche genetische Strukturen zuzuschreiben. Sie empfehlen auf der Grundlage ihrer Interventionsstudie Beispiele zum Menschen mit alltagsbekannten Merkmalen und Eigenschaften. Das stützt die

Erkenntnisse von Halldén (1988), der Schwierigkeiten der Lernenden feststellte, Informationen zu Vererbungsvorgängen, die im Detailausschnitt behandelt wurden, auf alltägliche Beispiele anzuwenden. Der Abstraktionsgrad vererbungsbezogener Lerninhalte ist Herausforderung genug und sollte anwendungsbezogen vermittelt werden. Im Rahmen sozialer und affektiver Aspekte der Unterrichtskonzeption nach dem Conceptual Change Ansatz (Kap. 2.6.3) fügen Venville & Treagust (1998) hinzu, dass Schüler nicht an den Kontexten der Beispielaufgaben zur Mendel-Genetik interessiert sind, sondern Aufgaben zur eigenen Vererbung bevorzugen.

Banet & Ayuso (2003) betonen, dass die biologische Vererbung einige Schlüsselaspekte für das Verständnis der Evolution enthält. Insbesondere die intraspezifische Variation gilt als schwer verständliches Konzept, das in zahlreichen Studien zu Fehlvorstellungen bei Lernenden im sekundären und im tertiären Bildungsbereich ermittelt wurde. Um die wesentlichen Mechanismen der Vererbung verstehen zu können, müssen Kenntnisse zur Vererbung vermittelt werden. Lokalisation und Übertragung erblicher Informationen, sowie Mutationen und evolutionäre Mechanismen sollten dabei in einen Zusammenhang gebracht werden können. Die weit verbreitete Vorstellung, dass erworbene Merkmale vererbt werden können, basiert sowohl auf mangelnden Kenntnissen zur Vererbung als auch zum evolutionären Prozess. Die wesentlichen Mechanismen wie Variation und natürliche Selektion werden dabei nicht integriert.

Bizzo (1994, S. 548/549) stellte fest, dass viele Lernende die Themenbereiche Evolution und Genetik nicht aufeinander beziehen können. Kritisch bewertet wurde daher die verbreitete Reihenfolge der Themen Genetik und anschließend Evolution im Unterricht. Das Vorziehen der Genetik wurde oftmals damit begründet, dass durch das Kennen der Annahmen von Mendel die Lernenden dann anschließend die synthetische Evolution einfacher verstehen, was Darwin nicht konnte, da er die ihm unbekanntes Kenntnisse von Mendel nicht in seine Überlegungen einbeziehen konnte. Bizzo (1994) merkt jedoch kritisch an, dass das Vorkommen „fitterer“ Individuen durch zufällige Prozesse durch Mendels Hochrechnungen nicht erklärt werden können, da Mendel nicht auf evolutionäre Vorgänge einging. Neu hinzukommendes Wissen mit evolutionärem Bezug, so der Autor, könnte dadurch in Frage gestellt werden.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich dadurch, dass Fehlvorstellungen in den Bereichen Genetik und Evolution oftmals widersprüchlich sind. Während im Zusammenhang der Evolution Lernende häufig gezielte Veränderungen von Merkmalen zum Zweck der An-

passung annehmen, gehen die meisten Schüler im Bereich der Vererbung davon aus, dass Merkmale eines Individuums von einem Vorfahren stammen müssen und nicht neu entstehen können (Venville & Treagust 1998, Frerichs 1999, Kattmann 2000, Baalman et al. 2004, Baalman et al. 2005, Kap. 2.4.5.1). Die Abfolge in der Vermittlung von Genetik und Evolution basierte auf der Annahme, dass Lernende ihr Wissen sukzessiv aufbauen würden und die genetischen Grundlagen dabei im Evolutionsunterricht angewendet werden. Dass der Transfer nicht stattfindet, zeigen die widersprüchlichen Schülervorstellungen und das entsprechende träge Wissen (vgl. Kap. 2.4.3). Baalman et al. (2004) untersuchten in ihrer Studie zu Schülervorstellungen zu den Prozessen der Anpassung, Vorstellungen von Lernenden, die bereits den gesamten Lehrstoff zur Genetik im Unterricht durchgenommen hatten, zu dem Zeitpunkt der Untersuchung aber noch keinen Evolutionsunterricht erhalten haben. Sie stellen fest, dass die Schüler ihre umfangreichen genetischen Kenntnisse nicht auf die evolutionär ausgerichtete Fragestellung anwenden konnten und damit keine Vernetzung im Sinne der Lehrpläne stattfand. Beispielsweise konnte keiner der Befragten in den Interviews Mutationen als genotypische Veränderung mit Auswirkungen auf den Phänotyp erklären. Vor dem Hintergrund dieser Studie wird ein kombinierter Unterricht vorgeschlagen, der die Lernenden darin unterstützt, die genetischen und evolutionären Konzepte aufeinander zu beziehen. Ein entsprechendes Unterrichtsbeispiel zur Entwicklung einer neuen Birkenspannermorphe wird von Kattmann et al. (2007b) vorgeschlagen.

Die Vorgaben der aktuellen Kernlehrpläne werden bei der Auswahl der Themen für die Diagnoseaufgaben berücksichtigt (Kap. 4.3.1).

## **2.6 Theorien**

### **2.6.1 Moderater Konstruktivismus**

Der Konstruktivismus ist eine Erkenntnistheorie, die sich mit dem Erwerb von Wissen auseinandersetzt und in verschiedenen Fachdisziplinen diskutiert wird. Der moderate Konstruktivismus bezieht sich auf die individuelle Veränderung von erworbenem Wissen und hat sich als grundlegender theoretischer Rahmen in der Lehr- Lernforschung etabliert (Duit 1995). Diesen Annahmen machte bereits Piaget in der Untersuchung „kognitiver Entwicklungsverläufe“ (vgl. Rustemeyer 1999, S. 471, Gerstenmeier & Mandl 2000, S.

12). Es wird davon ausgegangen, dass Wissen aktiv und selbstgesteuert von Individuen konstruiert und nicht in gleicher Weise übernommen wird, wie eine Lehrperson es vermittelt (Riemeier 2007, S. 69, Rustemeyer 1999, S. 475). Der Lernende erfasst dabei keine allgemeingültige Realität, sondern eine viable Version dieser Realität, die sich für den Einzelnen im Alltag bewährt hat. Im Gegensatz dazu geht der ursprüngliche radikale Konstruktivismus davon aus, dass die Außenwelt genauso erfasst wird, wie sie ist (Riemeier 2007, S. 70). Individuelle Abweichungen im Verständnis von Unterrichtsgegenständen ergeben sich aus Sicht des moderaten Konstruktivismus mitunter aus den unterschiedlichen lebensweltlichen Vorerfahrungen jedes Einzelnen. In diesem Rahmen ist seit langem bekannt, dass die alltagsbezogenen Vorstellungen von Schülern, die bereits vor dem Unterricht bestehen, oftmals nicht mit den fachlich angemessenen Vorstellungen, die im Unterricht vermittelt werden sollen, vereinbar sind. Werden die alltagsbezogenen Vorstellungen der Lernenden nicht erfasst und im Unterricht berücksichtigt, entwickeln Lernende oftmals voneinander isolierte Wissensbestände, die nicht zueinander in Beziehung stehen (Bayhuber et al. 1999). Ein erfolgreiches Lernen fachlich angemessener Konzepte im naturwissenschaftlichen Unterricht erfordert dabei die Anknüpfung von Unterrichtsinhalten an diese Lernvoraussetzungen (Krüger 2007, S. 81). Die konstruktivistischen Annahmen über den Aufbau von Wissen und den Lernprozess werden in der Conceptual Change Theorie im Hinblick auf entsprechende Unterrichtskonzepte weiter ausgeführt (Krüger 2007, Treagust & Duit 2008, Kap. 2.6.3).

### **2.6.2 Theoretische Grundlagen der Textverarbeitung**

Da die in dieser Arbeit entwickelten Diagnoseaufgaben textbasiert vorliegen, werden zusätzlich zu den allgemeinen konstruktivistischen Rahmenbedingungen Grundlagen der Textverarbeitung berücksichtigt. Die besondere Aufgabenanforderung (vgl. Kap. 2.3.2) wird dabei in Bezug auf theoretische Grundlagen vorgenommen. Zwischen Textverstehen und Textverständlichkeit muss unterschieden werden. Textverständlichkeit ist auf die Verständlichkeit von Texten und deren Optimierung ausgerichtet (Biere 1991, S. 2, Rickheit et al. 2002, S. 154 f). Im Vergleich dazu ist das Textverstehen der Prozess und das Ergebnis des Verstehens von Textmaterialien (vgl. Grzesik 1990, S. 19, vgl. Schnotz 1994, S. 1 f, vgl. Jost 2010, S. 13). In dieser Arbeit ist sowohl das Verstehen, als auch die Verständlichkeit bedeutend. Beide Aspekte hängen dabei zusammen (Biere 1991, S. 4).

Dutke (2000, S. 68 f) und Kintsch & Ericsson (1996, S. 548 f) fassen die am häufigsten genutzten theoretischen Grundlagen (z.B. van Dijk & Kintsch 1983) des Textverstehens auf drei Ebenen zusammen. Auf einer oberflächlichen Ebene, der textbasierten Ebene (1), werden die Satzelemente und der linguistische Zusammenhang entschlüsselt. Dabei wird die wortwörtliche Darstellung wahrgenommen und für kurze Zeit erinnert. Die semantische Ebene (2) bezieht sich auf die semantische und rhetorische Struktur. Auf dieser Ebene wird die Bedeutung erschlossen, die gesamte Oberflächenstruktur wird dabei nicht mehr berücksichtigt. Auf der dritten Ebene wird ein mentales Modell oder Situationsmodell (3) konstruiert, bei welchem die ersten beiden Ebenen einbezogen werden. Dabei wird die Textinformation vor dem Hintergrund des Vorwissens verarbeitet, sodass eine individuelle Enkodierung des Textmaterials stattfindet. Die Bedeutung eines Textes ergibt sich somit nicht aus dem direkten Textmaterial, sondern wird individuell, aber theoretisch, durch vergleichbare ähnliche kognitive Prozesse erschlossen (Schnotz, 1994, S. 42). Durch den Text werden bestimmte Schemata aktiviert, woraufhin sich eine Konfiguration verschiedener Schemata herausbildet, die eine geeignete Interpretation erlauben (Schnotz 1994, S. 67, Schnotz 2010, S. 846, vgl. Biere 1991, S. 5).

Die verschiedenen Ebenen des Modells unterscheiden sich hinsichtlich der Komplexität vom Detail bis hin zur übergeordneten Struktur, die Prozesse sind jedoch nicht sukzessiv ablaufend, sondern stehen in wechselseitiger Beziehung zueinander (van Dijk & Kintsch 1983, S. 10).

Die Bedeutung des Vorwissens für das Textverständnis wird aus aktueller Sicht besonders hervorgehoben (vgl. Artelt et al. 2001, Richter & Christmann 2002, S. 33). Die Situationsmodelle (individuelle Bedeutung) weichen umso mehr voneinander ab, je mehr komplexe Inhalte enthalten sind, bzw. umso mehr unbekannte Aspekte, wie Fachwissen, genutzt wurden (vgl. Kintsch 1994). Andererseits müssen informationsarme Textabschnitte, die nicht jeden Aspekt vorgeben, der für das Verständnis wichtig ist, vor dem Hintergrund des Vorwissens ausgeglichen werden (vgl. Richter & Christmann 2002, S. 32, vgl. Schnotz 2010, S. 845, vgl. Kintsch 1994), wodurch ebenfalls Abweichungen bei unterschiedlichen Lesern entstehen können. Eine weitere Schwierigkeit ergeben Texte mit geringer Kohärenz der einzelnen Sätze (Kintsch 1994). Primär für längere Texte wichtig, aber auch in diesem Zusammenhang erwähnenswert ist, dass nicht alle Aspekte des Textes in dem Situationsmodell berücksichtigt werden, sondern nur die als wesentlich aufgefassten. Diese Kernpunkte werden behalten (Schnotz et al. 1981, S. 119). Bei der Wieder-

gabe der Inhalte durch den Textleser wird dann die individuelle Bedeutungsstruktur des Textes deutlich. Viele Studien zeigen, dass die individuelle Texterschließung auch von den kognitiven Fähigkeiten der Leser abhängig ist (Christmann & Groeben 1996). Vor diesem Hintergrund wurden Tests entwickelt, welche die Lesekompetenz von Schülern erfassen. Im Rahmen formativer Diagnostiktests, wurden gerade für jüngere Lernende Diagnoseformate konzipiert, welche die Schwierigkeiten bei der Texterschließung ausklammern und stattdessen beispielsweise Schülerzeichnungen zur Diagnose heranziehen (z.B. Chin & Teou, 2010).

Um einen Text verständlich zu gestalten (Textverständlichkeit), wurden verschiedene empirisch ermittelte Textmerkmale herausgestellt, die zur Textkonstruktion herangezogen werden können (Groeben 1978 in Christmann 2004, S. 34). Zu berücksichtigen sind demnach die sprachliche Einfachheit, z.B. geläufige Wörter (1), eine kognitive Strukturierung (z.B. eine sequentielle Struktur, Hervorhebungen) (2), Kürze und Prägnanz (3) und motivationale Stimulanz (4) (z.B. konfliktgenerierende Fragen). Diese Aspekte, die bereits seit langem in der Lesbarkeitsforschung (z.B. Prestin 2001) berücksichtigt werden, haben an Relevanz nicht verloren (Richter & Christmann 2002, S. 33). Bei der Konstruktion von Diagnoseaufgaben sind die Punkte 1-3 übertragbar, Punkt vier trifft eher auf Lerntexte zu. Darüber hinaus ist das individuelle Verständnis des Lesers zu überprüfen, um eine adressatengerechte Textkonstruktion vornehmen zu können. Wird die Textverständlichkeit berücksichtigt, wird damit die Validität von textbasierten Tests positiv beeinflusst (Kobayashi 2002).

Nach Christmann & Groeben (1996) erlaubt die Oberflächenstruktur eines Textes (Formulierung von Sätzen) keine Voraussagen über das Textverstehen der Leser. Um von einer Übereinstimmung im Verständnis (von Textkonstrukteur und Leser) und in der Erfassung der wesentlichen Aspekte des Textes ausgehen zu können, muss die individuelle Bedeutungserschließung der Leser überprüft werden, an welche der Textgegenstand adressiert ist. Insbesondere bei der Kommunikation zwischen „Experten“ und „Novizen“, die über unterschiedliche Voraussetzungen verfügen, ist zu überprüfen, ob der Textgegenstand, den ein Experte auf der Grundlage seines Vorwissens verfasst hat, in vergleichbarer Weise von dem Rezipienten (Novizen, Schüler), der über ein anderes Vorwissen verfügt, aufgenommen wird (vgl. Schnotz 1994, S. 42 f).

Vor dem Hintergrund einer individuellen Generierung der Bedeutung von Textgegenständen kann eine Zuordnung zum Konstruktivismus vorgenommen werden (Gerstenmai-

er & Mandl 2000, S. 10). Nach Langer et al. (1973, in Tergan 1981) „gibt es genauegenommen gar keine absolute Textverständlichkeit, sondern nur eine Textverständlichkeit im Hinblick auf eine bestimmte Empfängergruppe.“ Das Verständnis der Zielgruppe von den entwickelten Aufgaben in dieser Arbeit wird deshalb genau überprüft.

### 2.6.3 Conceptual Change

Conceptual Change ist der auf konstruktivistischen Theorien beruhende Vorstellungswandel im Lernprozess. Wesentliche Grundlagen der Forschung zu dieser Theorie wurden von Posner und Strike bereitgestellt (Posner et al. 1982). Forschung im Rahmen dieser Theorie fokussiert auf die Lernwege ausgehend von einer vorunterrichtlichen Perspektive bis zu fachlich angemessenen Vorstellungen (Treagust & Duit 2009). Die Conceptual Change Theorie erklärt, unter welchen Bedingungen ein Perspektivwechsel von alltagsbezogenen Vorstellungen hin zu fachlich angemessenen Sichtweisen stattfindet (Krüger 2007, S. 81). Im klassischen Sinne werden dabei folgende Aspekte für einen Vorstellungswechsel vorausgesetzt (vgl. Posner & Strike 1982):

1. Unzufriedenheit: Der Betreffende muss mit der bestehenden Vorstellung unzufrieden sein.
2. Verständlichkeit: Die neue Vorstellung muss auf der Grundlage des Vorwissens verständlich sein.
3. Plausibilität: Die neue Vorstellung muss plausibel sein (Verständlichkeit ist daher erforderlich) und eine Lösung des Problems anbieten.
4. Fruchtbarkeit: Auf der Basis der Verständlichkeit und Plausibilität muss die Vorstellung durch den Betreffenden angewendet werden.

Die lerntheoretische Annahme wird dabei genutzt, um Lernprozesse wirksam zu fördern (Vosniadou & Ioannides 1998). Im weiteren Sinne zielt die Entwicklung von Diagnoseinstrumenten zur Erfassung vorunterrichtlicher Schülervorstellungen auf die Einbettung in einen Unterricht nach diesem theoretischen Ansatz ab, da in dieser Arbeit keine Unterrichtsentwicklung vorgenommen wird.

Bedeutsamer im Zusammenhang dieser Arbeit sind Studien zur Komplexität von Schülervorstellungen (Kap. 2.4.1.1), die im Rahmen dieser Theorie untersucht wird.

### 3 Fragestellung

Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit einer genauen Überprüfung der Konstruktvalidität der Diagnoseaufgaben im Entwicklungsprozess wird in dieser Studie untersucht ob die Aufgaben den Vorstellungen der Zielgruppe entsprechen und ob die Aufgabendarstellung ihrem Verständnis entspricht.

Um zu überprüfen, ob die einzelnen Items das erfassen, was mittels der Aufgabe überprüft werden soll, sind zwei Aspekte entscheidend. Damit eine Aufgabe in einem verlässlichen Diagnoseinstrument eingesetzt werden kann, muss sie:

1. den Vorstellungen und den Verständnismöglichkeiten (z.B. Wortverständnis) der Zielgruppe entsprechen.
2. sowohl von Experte (Person, der die Aufgaben auswertet) als auch von Vertretern der Zielgruppe (Testperson) übereinstimmend verstanden werden.

Unter dem Einfluss unterschiedlicher Aufgabenformate (freie Antwort ohne Antwortvorgaben und Antwortvorgaben im geschlossenen Format) können unterschiedliche Vorstellungen generiert werden. Durch die Berücksichtigung der Veränderungen von der freien Antwort zum geschlossenen Format (Vorstellungsveränderung) soll ermittelt werden, ob die Schüler ihre Vorstellung beibehalten oder bei alternativen Erklärungen ihre Vorstellung modifizieren. Situativ und kontextabhängig generierte Vorstellungen können für die Einschätzung der Gründe der Antwortwahl entscheidend sein.

#### Forschungsfragen

##### 1. Verständnis und Begründung der Antwortwahl

- Welche Vorstellungen (Konzepte) verbinden die Schüler mit den Antworten?
- Wie verstehen sie die Antwortinhalte?
- Welche Aspekte der Antwortinhalte sind für die Auswahl oder Ablehnung der Antworten entscheidend?
- Entsprechen die Aufgaben dem Wortverständnis der Schüler?



## 2. Zusammenhang der frei geäußerten Vorstellung mit der Antwortwahl

- Stimmen die frei geäußerten Vorstellungen mit den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten überein?
- Wie verändern sich die Vorstellungen unter Einfluss der verschiedenen Aufgabenanforderungen (offenes und geschlossenes Format)?

Bei der auf die Fragen ausgerichteten Analyse des erhobenen Materials und auch bei der Ergebnisdarstellung liegt der Schwerpunkt auf Aspekten, die für die konstruktive Überarbeitung der Aufgaben hilfreich sind.

## 4 Methoden

### 4.1 Untersuchungsdesign

Die Arbeit ist in der fachdidaktischen Entwicklungsforschung angesiedelt (Einsiedler 2011, Prediger & Link 2012). Unterrichtsrelevante Materialien für den fachdidaktischen Unterricht werden dabei konzipiert. In dieser Arbeit wurden Diagnoseaufgaben entwickelt oder übernommen und evaluiert. Die Entwicklung erfolgte unter ständigem Einbezug der Zielgruppe. Innerhalb dieses insgesamt umfangreichen Entwicklungsvorgangs wurde in dieser Studie die Validierung eines Aufgabensets des Testinstruments vorgenommen, wodurch einzelne Aufgaben im Detail hinsichtlich der Konstruktvalidität überprüft wurden. In diesem Rahmen wurden überwiegend qualitative Verfahren angewendet, die zur Exploration wesentlicher Aufgabenmerkmale angemessen sind.

### 4.2 Stichprobe

Die Probanden der Vorstudie waren Lernende ( $n = 160^4$ ) der Klassenstufe 7 oder 9 (für die Klassenstufe 8 gab es im Erhebungszeitraum in NRW keinen Biologieunterricht) des Gymnasiums, die noch keinen Unterricht zu den Mechanismen der Evolution erhalten hatten, in einigen Fällen aber bereits wenige Vorkenntnisse zu naturgeschichtlichen Aspekten, wie Tiefenzeit, besaßen (zusätzliche Frage im Fragebogen).

Die Interviewpartner der Hauptstudie waren Jungen und Mädchen (gleiche Anzahl) der 7. oder der 9. Jahrgangsstufe ohne Vorkenntnisse, die im mittleren Leistungsfeld standen (mit möglichst durchschnittlichen Fähigkeiten) und hinsichtlich dieser Vorgabe vom Lehrer ausgewählt wurden. Die Schüler der 7. Jahrgangsstufe wurden am Ende des Schuljahres im Juni 2012 befragt, die Neuntklässler im Januar 2012. Da das Gesamtinterview zwei volle Zeitstunden gedauert hätte, wurde jedem Interviewpartner nur die Hälfte der Aufgaben gestellt, wodurch pro Aufgabe fünf Personen befragt wurden. Der Umfang der Interviews ist auf das Interviewverfahren nach dem dreischrittigen System (s. Interviewstudie, Kap. 4.5) zurückzuführen, das theoriegeleitet und erfahrungsbasiert entwickelt wurde. 10

---

<sup>4</sup> Die Anzahl der Schüler bezieht sich auf alle Teilnehmer, die im Rahmen der Vorstudie eine der Testversionen bearbeitet haben und deren Testergebnisse in der Auswertung berücksichtigt wurden.

weitere Interviews wurden mit anderen Schülern mit den gleichen Voraussetzungen, aber mit einem anderen Interviewverfahren (concurrent procedure, Kap. 4.5) durchgeführt. Für die Interviewpartner wurde zuvor die Einwilligung der Eltern eingeholt.

### 4.3 Entwicklung der Aufgaben in der Vorstudie

Um vordergründige Schwachstellen und Besonderheiten zu identifizieren, eignen sich Pretests, in denen noch nicht jede einzelne Aufgabe im Detail überprüft wird (Desimone & Le Foch 2004). Darauf wird dann in den Ausführungen zur Hauptstudie mittels Interviews eingegangen (Kap. 5.2).

Die Mehrfachwahl-Aufgaben wurden in einem „three-tier“-Format (dreistufiges Format) angelegt, bei welchem zusätzlich zur Auswahl einer Antwort aus vier vorgegebenen Antwortmöglichkeiten das Sicherheitsempfinden mit der Antwort auf einer vierstufigen äquidistanten Ratingskala eingeschätzt werden sollte. Zusätzlich wurde der Testnehmer dazu aufgefordert, in einem offenen Bearbeitungsschritt seine Antwortwahl zu begründen. Durch die offenen Begründungen können Hinweise auf Modifikationen und Ergänzungen der Antwortoptionen gewonnen werden (Treagust 1988). Insbesondere die Begründung erfordert ein genaues Lesen der Antwortoptionen, wodurch die Auseinandersetzung mit den Aufgaben vertieft und die Ratewahrscheinlichkeit herabgesetzt wird (Tamir 1990, Odom & Barrow 1995). Kolbitsch et al. (2008) sprechen diese Eigenschaft auch dem Einschätzen des Sicherheitsempfindens (wie sicher sind sich die Schüler mit der Antwortauswahl) zu. Das Sicherheitsempfinden gibt zudem Aufschluss darüber, wie gefestigt die ausgewählte Vorstellung bei dem Schüler ist (Caleon & Subramaniam 2010). Während bei der Auswahl einer Antwortmöglichkeit deskriptives Wissen erfasst wird, erfordert die Begründung der Antwort das Erklärungswissen (Verständnis) einer Person (Tsai & Chou 2002). Nach Archer & Bates (2009) ermöglicht das dreischrittige Format, wie es hier verwendet wurde, den höchsten Informationsgehalt hinsichtlich der Hintergründe der Auswahl einer bestimmten Antwort bei Multiple-Choice-Aufgaben.

Um angemessene Aufgaben zu entwickeln, müssen diese einige Anforderungen erfüllen. Die Testperson sollte die Fragen nicht durch andere Fähigkeiten lösen können, als die, die der Aufgabenkonstrukteur beabsichtigt anzusprechen. Geht es um deklaratives Wissen, das mit Hilfe der Aufgaben erfasst werden soll, sollte die richtige Antwort auch nur auf dieser Grundlage lösbar und nicht allein durch einzelne Schlüsselwörter identifizierbar

sein (vgl. Messick 1995). Schlüsselwörter können Wörter in der Aufgabe sein, die Hinweise auf die richtige Antwort geben, wie beispielsweise Fachtermini. In diesem Fall würde lediglich Teilwissen zum richtigen Ergebnis führen (vgl. Coombs et al. 1956).

Bei der Konzipierung von Multiple-Choice-Aufgaben sollten folgende Hinweise berücksichtigt werden, die von Haladyna et al. (2002) auf der Grundlage der Sichtung zahlreicher Anleitungen zusammengestellt wurden:

- Wortwahl und Formulierung sollten klar und deutlich und für die Zielgruppe angemessen sein.
- Es sollten keine Verneinungen in den Antwortmöglichkeiten vorkommen, da diese beim schnellen Lesen zu Missverständnissen führen können.
- Zentrale Informationen sollten im Itemstamm enthalten sein und nicht in den Antwortmöglichkeiten.
- Irrelevante Informationen im Itemstamm und in den Antworten sollten vermieden werden
- Formulierungen sollten klar und eindeutig sein, sodass auch bei schnellem Lesen das Wesentliche erfasst werden kann.
- Jedes Item sollte nur einen thematischen Inhalt darstellen.
- Inhalte verschiedener Antwortmöglichkeiten sollten unabhängig voneinander sein.
- Schlüsselwörter (z.B. wissenschaftliche Termini), sollten vermieden werden, da sie Hinweise auf die richtige Antwort geben.
- Die Distraktoren sollten plausibel sein, unlogische Antwortmöglichkeiten geben Hinweise auf die richtige Antwort.

Bei der Entwicklung der Antwortmöglichkeiten, die auf häufige Schülervorstellungen zurückgehen, wurde darauf geachtet, dass diese möglichst den Formulierungen der Schüler entsprechen (D'Avanzo 2008, Tamir 1991). Zwar sind die von Haladyna et al. (2002) zusammengetragenen Hinweise allgemein übertragbar auf die Anfertigung von Multiple-Choice-Aufgaben für verschiedene Themenbereiche, anzumerken ist jedoch, dass sich nicht jede Schülervorstellung in einzelne, den obigen Kriterien entsprechende, Fragmente zerlegen lässt (vgl. Klauer 1987, S. 33 ff). Die Auswahl der Antwortoptionen orientierte sich an den häufigsten Schülervorstellungen in den einzelnen Themenbereichen. Entsprechend kann dabei ein Konflikt mit der Regel entstehen, dass die Antworten sich gegenseitig ausschließen sollten, wenn bestimmte häufige Vorstellungen vereinbar sind und sich

nicht ausschließen. Die Begründung der Antwortwahl kann Aufschluss darüber geben, ob die schülerorientierte Aufgabenkonzeption zu einer angemessenen Aufgabe führt.

Für den Entwicklungsprozess der Aufgaben wurde in Anlehnung an Treagust (1988) vorgegangen. Die häufigen Schülervorstellungen wurden auf der Grundlage qualitativer Studien ausgewählt, die zahlreich vorliegen (Kap. 2.4.4). Die häufigen Schülervorstellungen wurden möglichst in diejenigen Kontexte eingebettet, in denen diese erfasst wurden. Zudem wurden die Formulierungen entsprechend der Zielgruppe gewählt. Beispielsweise nutzen Lernende in anthropomorphen Aussagen oftmals die Wörter „erkennen“ oder „wollen“ (z.B. Engel Clough & Wood-Robinson 1985a), sodass diese bei der Formulierung der anthropomorphen Antwortoption genutzt wurden. Auf Grund der dreischrittigen Anordnung der Aufgaben, die eine längere Bearbeitungszeit erfordert als einfache Multiple-Choice-Aufgaben, wurde die Itemanzahl auf maximal 15 begrenzt. Die Aufgaben konnten dabei nur in maximal drei Kontexten dargestellt werden, da sonst die maximale Anzahl an Items überschritten wird.

Es wurden zwei Testversionen mit unterschiedlichen Kontexten konzipiert und innerhalb einer Unterrichtsstunde im Klassenverband bearbeitet. Nebeneinander sitzende Personen bekamen unterschiedliche Testversionen. Jede Testbearbeitung der Vorstudie wurde von der Aufgabenentwicklerin betreut, um auf Fragen der Probanden einzugehen und dabei Hinweise auf Verständnisprobleme zu bekommen.

### **4.3.1 Testinstrument**

Für den Themenpool des Testinventars wurden die wesentlichen Aspekte ausgewählt, die aus fachlicher und fachdidaktischer Perspektive wichtig sind. Die im Unterricht zu vermittelnden Inhalte sind dabei leitend, die auch in den Lehrplänen der Sekundarstufe I enthalten sind. Die aktuellen Kernlehrpläne für die Sekundarstufe I (Sek I) des Gymnasiums in NRW (G8) (MSW NRW 2008) beinhalten bis zum Ende der sechsten Jahrgangsstufe die Angepasstheit von Tier- und Pflanzenarten an ihren Lebensraum. Die Entwicklung von fachlich angemessenen Erklärungen zur Angepasstheit an die Umwelt ist dann bis zum Ende der neunten Klasse vorgesehen. Bis zum Ende der neunten Klasse sollen die Lernenden auch Fossilien als Belege für die Evolution heranziehen können und auf die Mechanismen wie Mutation und Selektion beziehen können. Die ultimate, erklärende Betrachtung ist somit erst am Ende der Sek I erforderlich. „Zentral für das Basiskonzept Entwicklung zum Ende des Biologieunterrichtes der Mittelstufe (Ende Klasse 9) ist die

Erklärung der evolutionären Entwicklung der Lebewesen auf der Erde, darin eingeschlossen die Entwicklung des Menschen“ (MSW NRW 2008). Dabei soll die Vielfalt der Lebewesen als Ergebnis von Fortpflanzung, Variabilität, Anpassung und Selektion erklärt werden. Makroevolutionäre (langzeitliche oder naturhistorische) Aspekte, die in den Kernlehrplänen vorgesehen sind, wurden des begrenzten Umfangs wegen nicht im Test berücksichtigt. Im Bereich der Vererbung und Genetik sollen bis zum Ende der sechsten Klasse die Fortpflanzung unter Einbezug von Eizellen und Spermienzellen behandelt werden. Darauf aufbauend sollen die Lernenden dann bis zum Ende der neunten Klasse Chromosomen als Träger der genetischen Information und den Bezug zur Zellteilung verstehen. Zudem soll die Umsetzung vom Gen zum Merkmal monogener und polygener Merkmale behandelt worden sein. Während bis zum Ende der sechsten Jahrgangsstufe die Bedeutung der Zellteilung und die geschlechtliche, sowie ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Verschmelzung von Ei- und Spermienzelle thematisiert werden soll, folgen darauf aufbauend die Zellteilungsprozesse Mitose und Meiose bis zum Ende der neunten Klasse im Detail. Vererbung wird bis zum Ende der sechsten Jahrgangsstufe als Erklärung für phänotypische Unterschiede und Gemeinsamkeiten behandelt. Mutationen kommen dann bis zum Ende der neunten Klasse im Zusammenhang mit Selektion dazu. Daraus ergibt sich eine Schnittstelle für Evolution und Genetik, an anderen Stellen wird eine Verbindung der Themen nicht explizit angesprochen. Im Hinblick auf eine begrenzte Aufgabenanzahl wurden die wesentlichen Vererbungsaspekte der Lehrpläne fokussiert, die im Zusammenhang mit alltagsbezogenen Schülervorstellungen stehen.

Die Auswahl der Schülervorstellungen orientierte sich an Studien, die Schülervorstellungen zur Anpassung und Vererbung erhoben haben (Kap. 2.4.4, Kap. 2.4.5), die für Lernende mit vorunterrichtlichen Vorstellungen angemessen sind. Thematische Überschneidungen ergaben sich in Teilen mit dem CINS (Concept Inventory of Natural Selection) (Anderson et al. 2002), ein bereits entwickeltes Testinstrument zur Erfassung von Schülervorstellungen zur natürlichen Selektion, sodass Aufgaben teilweise übernommen werden konnten. Der CINS wurde für College-Studenten (keine genaue Altersangabe) entwickelt, sodass überprüft werden musste, ob die Aufgaben auf die jüngere Zielgruppe in dieser Studie übertragbar sind. Zwar enthalten die Aufgaben des CINS auch basale Schülervorstellungen zur Genetik, die im Zusammenhang der Evolution bedeutsam sind; die enthaltenen Vorstellungen sind jedoch begrenzt auf zielgerichtete genetische Veränderungen und die Vererbung erworbener Merkmale. In Bezugnahme auf Studien von Fre-

richs (1999), Baalman et al. (2005), Bowling et al. (2008) und Chin & Teou (2010) fehlen jedoch wesentliche Vorstellungen, die im Zusammenhang der Thematik „Anpassung und Vererbung“ einbezogen werden sollten. In den Aufgaben dieser Arbeit sollten insbesondere widersprüchliche Vorstellungen enthalten sein, wie sie für Evolution und Genetik bekannt sind. Während viele Lernende im evolutionären Kontext von einer gezielten Entstehung von Merkmalen ausgehen, überwiegt im Zusammenhang der Genetik die Vorstellung vom Überdauern der Merkmale und Gene, die von den Vorfahren übernommen wurden und nicht neu entstehen können (Kattmann 2000, Baalman et al. 2005). Diese widersprüchlichen Vorstellungen wurden daher bei der Zusammenstellung der Aufgaben berücksichtigt. Wenn möglich, wurden zudem Aufgaben ausgewählt, die bereits als Multiple-Choice-Format eingesetzt wurden, sodass in dieser Studie ins Detail geschaut werden kann, um eine genaue Konstruktvalidierung vorzunehmen. Folgender Themenpool wurde zusammengestellt:

Tabelle 4.1: Themenpool der Aufgaben mit häufigen Schülervorstellungen als Distraktoren.

Thema und Items	Distraktoren	Quelle
Natürliche Selektion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überleben der Stärksten</li> <li>• Kooperation</li> <li>• gezielte gen. Veränderung</li> </ul>	Anderson et al. 2002
Variation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleiche Merkmale</li> <li>• genetisch gleich, äußerlich unterschiedlich</li> <li>• geringe unbedeutende Unterschiede</li> </ul>	Anderson et al. 2002
Bewertung von Mutation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krankheit und kurzes Leben</li> <li>• Besondere Gesundheit</li> </ul>	Lammert 2012
Anpassungsprozess	<ul style="list-style-type: none"> <li>• typologisch</li> <li>• Vererbung erworbener Eigenschaften</li> <li>• gezielte genetische Veränderung</li> </ul>	Anderson et al. 2002
Anpassung von Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungs-Erkenntnis</li> <li>• typologisch</li> <li>• Anpassungs-Notwendigkeit</li> </ul>	Bishop & Anderson 1990, Johannsen & Krüger 2005
Auftreten neuer Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmalskonstanz</li> <li>• Vererbung erworbener Eigenschaften</li> </ul>	Eigene Entwicklung, Grundlage Baalman (1998) und Frerichs (1999)

Die Aufgaben enthalten dabei die Vorstellungen der Lernenden zu den wesentlichen Evolutionsmechanismen, zu denen auch die Vererbung von Eigenschaften gehört (Tabelle 4.1). Aus den fünf wesentlichen Tatsachen im Zusammenhang der Selektion, die Mayr (1984, S. 384) zusammengestellt hat, wurden die Aspekte „differentielles Überleben und Vermehren“ (natürliche Selektion) und „Variation innerhalb der Individuen einer Population“ (Variation auf Populationsebene) ausgewählt. Nicht alle Tatsachen, die Mayr als wesentlich hervorhob, wurden als Aufgabenthema einbezogen, da die Anzahl möglicher Items begrenzt ist und die Aspekte mit den häufigsten Verständnisschwierigkeiten bei Schülern berücksichtigt werden sollten. Über das Item „Anpassungsprozess“ sollen Vorstellungen zur Merkmalsverschiebung innerhalb des Anpassungsvorgangs auf Populationsebene erfasst werden. Nach Kattmann (1992) sind besonders die Prozesse bei der frühzeitigen Einbindung in den Unterricht wichtig, da die weit verbreiteten typologischen Vorstellungen auf ein Defizit an prozessbezogenen Kenntnissen auf Populationsebene zurückzuführen sind. Durch die verschiedenen Bezugsquellen (fachliche, fachdidaktische Aspekte und Lehrpläne) soll die Inhaltsvalidität der Aufgaben sichergestellt werden. Die alternativen Kontexte im Zusammenhang der Aufgaben, wurden teilweise von Anderson et al. (2002) übernommen und teilweise selbst konstruiert. Die Bewertung genetischer Veränderungen ist notwendig für ein Detailverständnis und wurde daher als Aufgabe in den Aufgabenpool aufgenommen. Darüber hinaus wurde in der Aufgabe „Entstehung neuer Merkmale“ das Thema Mutation integriert, das einen wesentlichen Baustein für das Verständnis der Evolution bildet (Brumby 1984). Vergleichbar mit Bowling et al. (2008) werden negative Assoziationen mit genetischen Veränderungen (gesundheitliche Nachteile) verknüpft. Aufgaben zur Anpassung von Eigenschaften wie in der Aufgabe, in der die Zunahme der Laufgeschwindigkeit der Geparde erklärt werden soll, werden seit langem genutzt (Bishop & Anderson 1990, Johannsen & Krüger 2005, Lammert 2012, Fenner 2013). Mit Hilfe dieser Aufgabe (offen oder geschlossen) sollen die häufigsten Schülervorstellungen zur Evolution (final, anthropomorph, lamarckistisch, typologisch) erfasst werden. Für das Thema „Auftreten neuer Merkmale“ konnten keine geeigneten Multiple-Choice-Aufgaben gefunden werden, sodass auf der Grundlage der qualitativen Studien von Baalman et al. (2005) eine eigene Aufgabe entwickelt wurde. Die Vorstellung von der Konstanz der Merkmale und Gene wurde von Baalman et al. (2005) im Kontext des Auftretens von Mutationen bei Gorillas (Albinismus) ermittelt. Dieser Kontext eignete sich jedoch nicht für die Konzeption einer geschlossenen Aufgabe. Entsprechend wurden



andere Kontexte gewählt. Die Aufgabe bezieht sich auf ein polygenes Merkmal (Augenfarbe), das nach den Lehrplänen und dem Forschungsstand (Kap. 2.5) als sinnvoll erachtet wird.

Die Aufgaben waren mit einem freien Feld versehen, in welchem die Begründung der Antwortwahl angegeben werden soll. Zudem sollten die Testteilnehmer auf einer Ratingskala (sehr sicher - nicht so sicher - etwas unsicher - sehr unsicher) ihr Sicherheitsempfinden mit der Antwortwahl einschätzen.

### Entwicklungszyklus der Aufgaben in der Vorstudie

Die Aufgaben enthielten drei oder vier Antwortmöglichkeiten, von denen jeweils eine die fachlich angemessene Antwort war. Mit einer ansteigenden Anzahl an Distraktoren sinkt zwar die Ratewahrscheinlichkeit, andererseits werden die Aufgaben bei vielen Antwortoptionen unübersichtlich. Marohn & Schmidt (2003) schlagen daher den Kompromiss vor, vier Antwortmöglichkeiten vorzugeben (eine richtige Antwort und drei Distraktoren).

Um die Angemessenheit der Aufgaben zu überprüfen, wurden diese in der Vorstudie hinsichtlich Verständnisschwierigkeiten und Angemessenheit der Zusammensetzung der Antwortoptionen überprüft. Zudem sollten besondere Merkmale der Aufgaben ermittelt werden, wie beispielsweise Schlüsselwörter, welche die Auswahl einzelner Antwortalternativen begünstigen. Schlüsselwörter können neben Fachtermini (s.o.) auch andere Wörter sein, die maßgeblich die Antwortbewertung beeinflussen, während der Gesamtzusammenhang der Antwort vernachlässigt wird. Dazu wurden die Häufigkeitsverteilung der Antwortauswahl und die Begründungen der Antwortwahl berücksichtigt und miteinander verglichen (Abb. 2.1). Die schrittweise Entwicklung erfordert einen zyklischen Vorgang (Marohn & Schmidt 2003), im Sinne einer iterativen Aufgabenoptimierung.

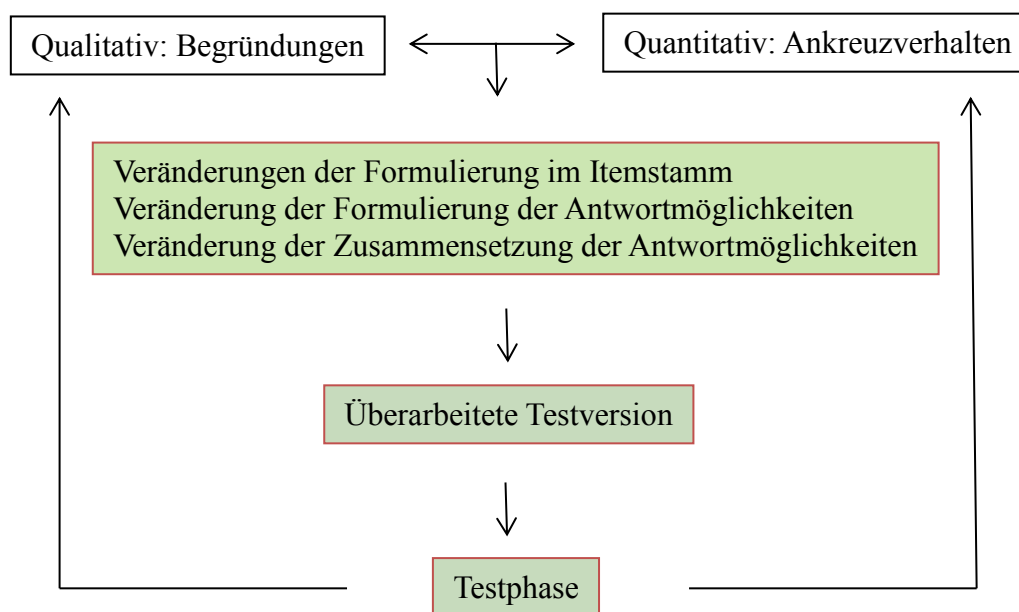


Abbildung 1: Untersuchungszyklus in der Vorstudie unter Berücksichtigung qualitativer und quantitativer Daten.

Durch den Vergleich der Häufigkeitsverteilung können besonders attraktive und weniger plausible Antwortoptionen erfasst werden und durch die Begründungen kann festgestellt werden, ob die Antworten aus angemessenen Gründen (weil die entsprechende Schülvorstellung vorhanden ist) ausgewählt werden. Die zusätzliche Angabe des Sicherheitsempfindens sollte zeigen, wie sicher sich die Lernenden mit der Antwortwahl sind.

### 4.3.2 Datenanalyse der Vorstudie

In einer quantitativen Testanalyse mit Items, die richtig oder falsch beantwortet werden können, werden in der klassischen Testtheorie (KTT) die Trennschärfe, die Itemschwierigkeit, die Homogenität und die Validität der Items als maßgebliche Gütekriterien herangezogen (Bortz & Döring 2009, S. 217). Für die Daten der Vorstudie wurden daher diese Parameter überprüft.

Die Itemschwierigkeit zeigt wie viele der Probanden, die ein bestimmtes Item bearbeitet haben, die richtige Antwort gewählt haben (Kaplan & Saccuzzo 2009, S. 171). Nach Kaplan & Saccuzzo (2009, S. 171) ist die optimale Itemschwierigkeit eines Items mit vier Antwortmöglichkeiten bei möglichen Werten von 0 - 1 ein Wert von  $p_i = .625$ . Für die Items, die nur drei Antwortmöglichkeiten haben, verschiebt sich der optimale Wert auf  $p_i = .665$ . Die Itemschwierigkeit der Aufgaben eines Tests sollte im Allgemeinen zwi-

schen .20 und .80 liegen, sodass eine möglichst breite Schwierigkeitsstreuung gegeben ist (Bortz & Döring 2009, S. 219). Dadurch können dann Probanden mit unterschiedlichen Fähigkeiten hinreichend differenziert werden. Die Trennschärfe gibt wiederum an wie gut ein einzelnes Item die Leistung eines Probanden im Gesamttest widerspiegelt, bzw. wie stark es zwischen „guten“ und „schlechten“ Testteilnehmern differenziert. Für die Berechnung der Trennschärfe, wurden die Antworten dichotomisiert, bzw. in falsche (Distraktoren) und richtige Antworten eingeteilt. Zur Bestimmung der Trennschärfe wurde die punktbiseriale Korrelation der einzelnen Items in SPSS (IBM SPSS Statistics 20) berechnet. Diese wird ermittelt, wenn der Zusammenhang von intervallskalierten (Gesamttestwert) und dichotomen Merkmalen (richtig oder falsch) berechnet werden soll (Kaplan & Saccuzzo 2009, S. 82). Bei der Berechnung der Trennschärfe mittels einer punktbiserialen Korrelationsbestimmung können die Werte zwischen -1 und +1 variieren. Nach Weise (1975, S. 219) werden positive Werte  $< .3$  als gering trennscharf, Werte zwischen  $.3 - .5$  als mittelmäßig und Werte  $> .5$  als hoch bewertet. Die Homogenität gibt an, ob die Aufgaben ein mehr als zufällig vergleichbares Auswahlverhalten vorweisen und die gleichen Vorstellungen erfassen. Die Homogenität wird oft über die interne Konsistenz angegeben, wofür der Alpha-Koeffizient ein angemessenes Maß darstellt (Bortz & Döring, 2009, S. 198). Gleichzeitig kann der Alpha-Wert als Reliabilitätsmaß eines Tests herangezogen werden. Die Berechnung von Cronbachs Alpha wird vorzugsweise für Multi-Item-Skalen eingesetzt, ergibt bei einer Itemzahl  $< 10$  jedoch einen geringen Wert (Pallant 2010, S. 97). Da zur Erfassung von Schülervorstellungen überwiegend heterogene Items eingesetzt werden, ergaben sich in diesem Test maximal drei Items, für die eine interne Konsistenz sinnvoll berechnet werden konnte (vgl. Peterson 1994). Da die Aussagekraft bei einer geringen Itemmenge begrenzt ist, wurde zusätzlich für diese Items und für die Themen, zu denen zwei Items entwickelt wurden, ein Homogenitätstest für zwei Variablen durchgeführt. Dazu eignet sich ein Chi-Quadrat-Test (Homogenitätstest), der auf Grund der geringen Stichprobe um einen exakten Test ersetzt wurde. Diese, in SPSS durchgeführte Monte-Carlo-Simulation, ermittelt den Pearson-Koeffizienten, der durch eine simulierte Stichprobe von 10.000 Probanden die Signifikanz des Zusammenhangs der zwei Variablen angibt (Janssen & Laatz 2013, S. 780 ff).

Die Validierung erfolgte vorbereitend in der Vorstudie durch die wechselseitige Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung und der Begründungen der Antworten, wurde aber primär durch Interviews in der Hauptstudie vorgenommen. Die Begründungen der Ant-

wortauswahl liefern Hinweise für die Aufgabenüberarbeitung und die Hintergründe des Auswahlverhaltens. Die Begründungen wurden mittels eines Kodierschemas in Anlehnung an Tamir (1990) eingeteilt und das Auswahlverhalten der Probanden hinsichtlich der Angemessenheit der Begründungen eingeschätzt. Die Kodierungen reichen von 0 = keine Antwort, 1 = unangemessen, 2 = passt nicht, 3 = teilweise passend, bis zu 4 = passend. Unangemessene Begründungen enthalten keine verwertbaren Aussagen (z.B. ich weiß es nicht). Als „unpassend“ kodierte Begründungen passen nicht zu der Antwortoption und stellen keine zutreffenden Begründungen dar (z.B. Das Wetter ist schön). Antworten mit überwiegend als „unpassend“ (2) kodierten Begründungen (z.B. anthropomorphe Begründung bei der Auswahl der fachlich angemessenen Antwort) wurden modifiziert, „teilweise passende“ Antworten (Berücksichtigung nur eines Antwortaspekts von mehreren) wurden so verändert, dass der ignorierte Antwortaspekt hervortrat. Passend begründete Antwortoptionen wurden beibehalten. Durch die deduktive Kodierung sollte das qualitative Material möglichst objektiv analysiert werden. Über die Häufigkeiten der Kodierungen einer Antwortoption konnte dann entschieden werden, ob eine Antwort modifiziert oder umstrukturiert werden muss oder beibehalten werden kann.

Die Zusammenführung der quantitativen und qualitativen Ergebnisse erfolgte durch einen Vergleich der Häufigkeiten der Antworten mit den Begründungen der jeweiligen Auswahl. Wurde beispielsweise die fachliche Antwort mehrfach ausgewählt und schien somit eine plausible Antwortoption darzustellen, wurde mittels der Begründungen überprüft, auf Grund welcher Hintergründe die Auswahl getroffen wurde. Unpassende Begründungen liefern Hinweise darauf, ob bestimmte Schlüsselaspekte (Wörter oder Satzteile, die maßgeblich die Antwortwahl beeinflussen und nicht der Gesamtzusammenhang) enthalten sind, die zur häufigen Auswahl geführt haben können.

Im Hinblick auf die Interviewvalidierung der Aufgaben fokussierte die Vorstudie auf die Distraktorenanalyse der Aufgaben, wobei bedeutsam war für welche Alternativantworten sich die Probanden entschieden haben und aus welchen Gründen sie dies getan haben. Entsprechend wurden dafür die Antworten der Falschlöser unterschieden. Die Gütekriterien der klassischen Testtheorie eignen sich dafür nur bedingt, da dabei nur die Unterscheidung in Richtig- und Falschlöser vorgenommen wird. Sie ermöglichen keinen Einblick in das Verteilungsmuster der Distraktoren oder die Hintergründe der Auswahl. Die Ergebnisse der Distraktorenanalyse (Häufigkeitsverteilung einzelner Antworten und Begründungen) wurden stärker gewichtet. Die Ergebnisse der Testgütekriterien wurden da-

her nur flankierend berücksichtigt, wurden aber hinzugezogen, um Aussagen auf der Ebene allgemeiner Gütekriterien machen zu können.

## 4.4 Auswahl der Methode für die Hauptstudie

### Kritische Betrachtung psychometrischer Entwicklungsverfahren

Die Qualität eines Tests wird häufig mittels einer Analyse, die auf den Annahmen der klassischen Testtheorie (KTT) basieren, überprüft. Genauer werden dabei die Itemschwierigkeit, die Trennschärfe und die Homogenität ermittelt (Fisseni 2004, S. 32). Diese Kriterien werden allgemein auf Tests und Fragebögen angewendet, stehen jedoch im Zusammenhang mit Diagnosetests zur Erfassung von Schülervorstellungen in der Kritik, bzw. werden als nicht zufriedenstellende Maßstäbe für die Güte solcher Tests diskutiert (z.B. Wylie & Wiliam 2006). Da die Analyse der Testaufgaben mittels der genannten Kriterien beispielsweise nicht auf weitere Zielgruppen übertragen werden kann, wurde die Item Response Theorie (IRT) oder auch probabilistische Testtheorie entwickelt, die zudem einzelne Items berücksichtigt, während die klassischen Testparameter lediglich Aussagen auf Testebene machen (Fan 1998, Yen & Fitzpatrick 2006, S. 111). Aber auch darüber können nicht die Hintergründe des Auswahlverhaltens der Probanden erklären.

Narode (1987, S. 322 ff) hat festgestellt, dass Items mit häufigen Schülervorstellungen (zur Mathematik) als Distraktoren (falsche Antworten) schwerer sind und daher weniger diskriminieren (Trennschärfe) als traditionellere Multiple-Choice Items. Das hängt damit zusammen, dass diese Antwortoptionen besonders plausible Erklärungen darstellen, die lebensweltlich Sinn ergeben. Selbst Lernende mit höherer Fähigkeit tendieren bei solchen Items dazu, Distraktoren auszuwählen. Sadler (1998) konnte zeigen, dass Lernende trotz einiger Unterrichtsstunden für einen längeren Zeitraum ein konstantes Antwortmuster beibehalten, bei welchem die Distraktoren als die plausibelsten Antworten betrachtet werden (Aufgaben zur Physik). Erst ältere Jahrgänge zeigten die nach den Modelannahmen der IRT angemessene monotone Itemcharakteristik (vgl. Bortz & Döring 2009, S.207), bei welcher die Wahrscheinlichkeit der richtigen Antwortwahl mit der Zunahme der Fähigkeit (fortlaufender Unterricht zu den Inhalten) steigt. Das gilt insbesondere für alltagsferne Themen. Üblicherweise werden diese Items aus Fragebögen eliminiert, weil sie vorgeben nicht richtig zu diskriminieren (Trennschärfe) (Bortz & Döring 2009, S. 220). Solche Vorgehensweisen nehmen keine Testkonstruktion vor, da Aufgaben nicht

prozessartig konstruiert werden. Die Aufgaben werden lediglich auf Passung überprüft oder nicht weiter berücksichtigt (vgl. Embretson 1998). Sadler betont jedoch, dass Items, die keine monotone Itemcharakteristik aufweisen, durch die Beständigkeit und Plausibilität von Alltagsvorstellungen bei bestimmten Fähigkeitsgruppen (Lernende am Anfang des Unterrichts) zustande kommen. Die abweichende Itemcharakteristik ist somit erklärbar und Multiple-Choice-Aufgaben, die Schülervorstellungen als Antworten enthalten, sollten nicht aus diesen Gründen verworfen werden (Sadler 2000).

Da ein Testinstrument eine möglichst große Bandbreite an Vorstellungen erfassen soll, wird generell auf ein bestimmtes Verteilungsmuster der Antworten geachtet. Die Itemschwierigkeit beschreibt, wie anspruchsvoll das Item in der Beantwortung ist (Bortz & Döring 2009, S. 218). Wählen nur wenige Lernende die richtige Antwort, wird das Item als schwer eingestuft. Vor dem Hintergrund der gesonderten Betrachtung der MC-Aufgaben mit Distraktoren kann kritisch hinterfragt werden, ob ein Test unbrauchbar ist, wenn er nach der Berechnung der Itemschwierigkeit zu schwer ist und überwiegend Distraktoren ausgewählt werden. Gerade wenn ein Test von Lernenden bearbeitet wird, die vorunterrichtliche Vorstellungen haben, ist die Auswahl von Distraktoren zu erwarten. Das kann dennoch die Bandbreite der Vorstellungen der Lernenden abdecken, die noch keinen Unterricht zu dem fachlichen Inhalt erhalten haben.

Gronlund (1993, S. 106) betont, dass die Trennschärfe, die angibt, ob ein Testitem zwischen guten und schlechten Probanden (viele richtige oder falsche Antworten) unterscheidet, für Aufgaben, die beispielsweise dazu dienen Lernstände zu erheben und nicht zur Leistungsdifferenzierung von Lernenden herangezogen werden sollen, wenig Relevanz hat. Vergleichbar geht es bei den Aufgaben der vorliegenden Arbeit nicht darum zwischen Lernenden zu unterscheiden, sondern um diagnostizieren zu können, welche Vorstellungen sie haben. Aus diesen Gründen behalten Anderson et al. (2002) auch Items mit niedriger Trennschärfe bei.

In Bezugnahme auf Narode (1987) und Sadler (1998) ist somit für die Diagnose vorunterrichtlicher Vorstellungen eine gesonderte Betrachtung der Trennschärfe und Itemschwierigkeit, unter der Annahme verschiedener Fähigkeitsstufen, angemessen. Herrmann-Abell & DeBoer (2011) optimieren ihre Aufgabenentwicklung (Items im Kontext Chemie) in Bezugnahme auf diese Problematik durch die Berücksichtigung jedes einzelnen Distraktors und sehen daher von einer dichotomen Analyse (richtig-falsch, z.B. Trennschärfe und Itemschwierigkeit) ab (vgl. Battisti et al. 2010). Sie gehen davon aus, dass Lernende mit

unterschiedlichen Fähigkeitsabstufungen zur Auswahl bestimmter Distraktoren tendieren und beziehen die Einteilung in unterschiedliche Fähigkeitsstufen auf die Neigung zu bestimmten Alternativvorstellungen. Auf der Grundlage der Analyse von Sadler (1998) betrachten auch Anderson et al. (2002) die Entwicklung des CINS (Concept Inventory of Natural Selection) über die KTT (z.B. Itemschwierigkeit, Trennschärfe), bei der einzelne Items und Distraktoren nicht berücksichtigt werden, kritisch. Sie empfehlen eine weitere Untersuchung des Testinventars über eine Distraktorenanalyse (vgl. Narode 1987, S. 328). Zwar können die Autoren dadurch Unstimmigkeiten für bestimmte Items und eine auffällige Itemcharakteristik (vgl. Kaplan & Saccuzzo 2009, S. 174 ff) wiederum auf bestimmte Antwortoptionen zurückführen (Distraktorenanalyse mit Partial Credit Model, z.B. Briggs et al. 2006), entscheidende Hintergründe, wie bestimmte Aufgabenmerkmale (Formulierungen, etc.), können dadurch jedoch nicht identifiziert werden. Crisp & Shaw (2012) verbinden die quantitative Methode der Rasch-Analyse (Distraktorenanalyse, IRT) mit qualitativen Vorgehensweisen. Sie stellen fest, dass mittels der Rasch-Analyse die Items identifiziert werden können, die nach den Annahmen des Raschmodells unpassend sind. Genauere Gründe für die Unangemessenheit der Items können darüber jedoch nicht erfasst werden. Mit Hilfe von Interviews können dann die Hintergründe aufgedeckt werden, sodass Items entsprechend verändert werden können (Neumann et al. 2011). Leider wird auch durch Modelle der IRT, welche einzelne Distraktoren berücksichtigen, die Ratemwahrscheinlichkeit nicht berücksichtigt (Battisti et al. 2010). Da die Validierung der Items über Distraktorenanalysen, welche einzelne Antworten betrachten (polytome IRT-Modelle), immer mit einer Leistungseinstufung der einzelnen Antworten verbunden ist (z.B. Briggs et al. 2006, Battisti 2010, Hermann-Abell & DeBoer 2011), eignet sich diese Methode im Rahmen der Fragestellung dieser Arbeit nicht, um valide Aufgaben zu entwickeln. Gerade vorunterrichtlich erscheint es aus Autorensicht nicht angemessen, den Schwerpunkt bei unterschiedlichen Leistungsniveaus zu setzen.

### Bedeutung der Validität für die Entwicklung von Testaufgaben

Die Validität gilt als wichtigstes Gütekriterium, da ein Test trotz hoher Reliabilität unbrauchbar ist, wenn er nicht das misst, was er messen soll (Bortz & Döring 2009, Lamnek 2005). Die Bedeutung der Validität ergibt sich unter anderem dadurch, dass sich diese am stärksten an inhaltlichen Prinzipien orientiert, die schwerer kontrollierbar sind als andere Kriterien (AERA, APA, NCME 1999, S. 9). Wiederum ist innerhalb der Validitätsarten die Konstruktvalidität das wesentliche Gütekriterium (Loevinger 1957, S. 641, Bortz &

Döring 2009, S. 201). Nach Fisseni (2004, S. 63) kann diese nicht abgegrenzt werden von der inhaltlichen und der kriteriumsbezogenen Validität. Das Kriterium der inhaltlichen Validität der ausgewählten Themen wird in der vorliegenden Arbeit durch den Bezug zur beschriebenen Literatur und den Lehrplänen berücksichtigt. Zudem werden die ausgewählten Aufgaben (Tabelle 4.1) einer Expertenvalidierung (Biologiedidaktiker und Fachbiologen) unterzogen, die zur inhaltlichen Validität beiträgt. Die Kriteriumsvalidität ist nach Bortz & Döring (2009, S. 200) die Übereinstimmung eines Testergebnisses mit einem manifesten Merkmal (z.B. gute Noten). Diese Bedingungen sind jedoch selten und auch nicht in dieser Studie gegeben, sodass die genaue Überprüfung der Aufgaben sinnvoller ist. Die Konstruktvalidität wird in quantitativen Studien durch Faktorenanalysen ermittelt, wobei das gleiche Auswahlverhalten in mehreren als homogen bezeichneten Items untersucht wird (Fisseni 2004, S. 68).

Yaroch (1991) bemängelt bei quantitativen Verfahren die Vernachlässigung der Konstruktvalidität der Aufgaben. Die Validität von Testaufgaben wird oftmals durch die Beurteilung von Experten abgedeckt, welche die thematische Angemessenheit der Inhalte für die entsprechende Zielgruppe aus fachlicher und didaktischer Perspektive einschätzen (Inhaltsvalidität). Beispielsweise das Verständnis der Lernenden von den einzelnen Antwortoptionen wird dabei nicht berücksichtigt. Dies ist wiederum entscheidend dafür, ob die in einer Testaufgabe zu erfassenden Konstrukte wirklich erfasst werden (Konstruktvalidität, Kap. 2.3.2, vgl. Tamir 1971). Entsprechend wird die Validierung der Aufgaben primär durch die Experten vorgenommen, nicht aber durch Mitglieder der Zielgruppe, für welche die Aufgaben entwickelt wurden. Yaroch (1991) nahm eine kritische Analyse der gängigen Gütekriterien, wie z.B. die Itemschwierigkeit, vor. Vergleichbar mit der Studie von Treagust (1988) konnte er feststellen, dass Lernende, die sich für die richtige Antwort entschieden haben, die Wahl oftmals nicht korrekt begründen können, wodurch eine Überschätzung der individuellen Fähigkeiten auftreten kann. Eine genauere Überprüfung der Items wurde durch eine Interviewvalidierung möglich. Durch die Untersuchung von Begründungen und Antwortmerkmalen (z.B. Schlüsselwörter), die Einfluss auf das Antwortverhalten nehmen, konnte eine genaue Validierung der Items vorgenommen werden, welche die Perspektive der Zielgruppe mit einschließt. Ergebnisse der oben aufgeführten Studien im Hinblick auf die Entwicklung valider Testitems konnten durch spätere Studien belegt werden (Kap. 2.3.2.).



### Berücksichtigung kognitiver Anforderung in Abhängigkeit des Testformats

Die eingesetzten Methoden können die ermittelten Schülervorstellungen beeinflussen (Kap. 2.3.2). Wie bereits erwähnt, werden in den meisten Fällen Interviews zur Erfassung von Schülervorstellungen genutzt. Dabei ist die Reproduktion der Vorstellungen in einem bestimmten Kontext erforderlich. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass die Formate unterschiedliche Aspekte eines Konstrukts ermitteln (Lee et al. 2011). Auf Grund dieser unterschiedlichen Aufgabenanforderungen ist zu überprüfen, ob die Übertragung von Informationen der offenen in die geschlossene Erhebungssituation sinnvoll ist. Dannemann & Krüger (2010) - im Zusammenhang von Schülervorstellungen zum Sehen - und Nadelson & Southerland (2010) - für die Entwicklung von MC-Items zu Makroevolution - zeigen jedoch, dass diese Übertragung gelingen kann. Die Umsetzung fachlicher Inhalte und Schülervorstellungen in geschlossene Aufgaben ist jedoch abhängig von der Thematik. Unterschiedliche Inhalte lassen sich unterschiedlich gut als Testaufgabe darstellen (Fisseni 2004, S. 88).

Um valide Testaufgaben entwickeln zu können, empfiehlt sich somit eine genauere Untersuchung der Eignung der konzipierten geschlossenen Aufgaben, bevor diese in umfangreichen quantitativen Verfahren eingesetzt werden.

### Qualitative Überprüfung der Validität

Pellegrino et al. (2001, S. 208) betonen die Bedeutung der Aufgabenüberprüfung und die Optimierung der Güte durch qualitative Untersuchungen. Gleichzeitig heben sie hervor, dass die qualitative Untersuchung frühzeitig in den Prozess der Aufgabenentwicklung integriert werden sollte, bevor die Aufgaben in quantitativ angelegten Erhebungen mit größeren Stichproben getestet werden.

Die Überprüfung der Validität von Diagnose- oder Leistungsaufgaben über qualitative Methoden wurde in verschiedenen Studien vorgenommen (Hamilton et al. 1997, vgl. Magone et al. 1994, Kap. 2.3.2). In diesen Studien wurde über die Methode des Lauten Denkens, wie sie Ericsson & Simon (1984) beschreiben, das Problemlöseverhalten, bzw. kognitive Prozesse bei der Bearbeitung von Aufgaben erfasst. Diese Methode eignet sich besonders gut für die Erfassung prozeduralen Wissens, da der Bearbeitungsweg offen gelegt wird (Kluwe 1988). Auch zur Überprüfung von Aufgaben, die deskriptives Wissen diagnostizieren, wird diese Methode angewendet (Krell et al. 2012). Problematisch dabei

ist, dass der Proband unter Umständen nur Teile seines spontanen Denkprozesses verbalisiert, da der Interviewer keine Zwischenfragen stellt (van Someren et al. 1994, S. 26). Das Problem ist möglicherweise dadurch bedingt, dass das Aussprechen unüberlegter Gedanken im Alltag unüblich ist. Zudem findet kein Gespräch statt, bei welchem der Interviewer involviert ist und dabei Einfluss auf das Wohlbefinden des Interviewten hat. Gerade jüngere Menschen haben Schwierigkeiten mit dieser Aufgabe (van Someren et al. 1994, S. 36). Tan (2008, S.102) stellte fest, dass Lernenden bei „think-aloud“- Interviews zur Überprüfung von Multiple-Choice-Aufgaben oftmals eine Antwort auswählen und keine Begründung dafür geben. Eine Übungsphase muss daher vor der Prozedur stattfinden und beansprucht zusätzlich Zeit. Zudem kann die kognitive Anforderung der direkten Verbalisierung von Gedanken beim Bearbeitungsprozess die Anforderung der tatsächlichen Aufgabenbearbeitung behindern und zu einer Überforderung des Probanden führen (vgl. Leighton & Gokiert 2005).

Alternativ können Interviews genutzt werden, um das Auswahlverhalten und damit verbundene Vorstellungen der Schüler zu überprüfen (Hamilton et al. 1997). Durch die qualitative Untersuchung von Testaufgaben können das Wissen und die Vorstellungen erfasst werden, welche die Aufgaben externalisieren, aber auch die Schwierigkeiten und individuellen Interpretationen (Hamilton et al. 1997). Solche Rückmeldungen sind wichtige Hinweise für die Überarbeitung von Items. Lernende könnten ihre Auswahl auf Grund bestimmter Aufgabenmerkmale wie Logik oder Schlüsselwörter treffen (Yarroch 1991). Konstrukt-irrelevante Merkmale wie Schlüsselwörter (z.B. auffällige Wortwahl) sollten zwar zuvor bei der Konzipierung der Aufgaben weitestgehend durch allgemeine Hinweise für die Testkonstruktion vermieden werden, jedoch können aus der Perspektive von Vertretern der Zielgruppe andere Aspekte entscheidend sein, da Experten und Novizen Texte unterschiedlich erfassen (Schnotz 1994, S. 18, Knapp 2008, S. 22 f). Um zu überprüfen, ob die zuvor entwickelten Testitems valide sind, stellt die qualitative Erhebung einen wichtigen Schritt bei der Testvalidierung dar.

Da die Aufgaben im Entwicklungsprozess dieser Studie ständig verändert wurden, schließt sich die Überprüfung der Reliabilität an die qualitative Konstruktvalidierung an (vgl. Smith et al. 2008). Diese ist zudem abhängig von der Qualität (Validität) der Items (Burton 2001).

## 4.5 Hauptstudie

Für die in dieser Studie durchgeführten Einzelinterviews boten sich problemzentrierte Leitfaden-Interviews an (Flick 2005, S. 542). Dabei werden Leitfragen entsprechend der Ziele der Erhebung formuliert und diese als Leitlinien in der Befragung genutzt. In den Leitfragen festgelegte Themenschwerpunkte sollen im Interview angesprochen werden, die Abfolge der Fragen kann jedoch flexibel - entsprechend des individuellen Gesprächsverlaufes - gehandhabt werden. Im Falle der Überprüfung eines Multiple-Choice-Testinventars gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Verständnis von den Testitems zu erfassen. Auf der Grundlage der Interviewverfahren nach Ericsson & Simon (1984) überprüften Hamilton et al. (1997) zwei Interviewformen im Hinblick auf die Eignung zur Validierung von geschlossenen Testaufgaben. Die „retrospective procedure“ beinhaltet die Bearbeitung des gesamten Tests (Standardtestsituation im Unterricht) mit anschließendem Interview während bei der „concurrent procedure“ die Probanden nach jeder Itembearbeitung bezüglich ihrer Auswahlgründe befragt werden (vgl. Willis 1999). Zwar ermöglicht die „retrospective procedure“ die Testbearbeitung unter Standardbedingungen, allerdings kann die Befragung nach Beendigung des gesamten Tests dazu führen, dass wichtige Hinweise für die Gründe der Auswahl zu späterem Zeitpunkt bereits aus dem Gedächtnis verschwunden sind und nicht mehr genau erinnert werden. Aus diesen Gründen präferieren die Autoren die Befragung nach jeder Itembearbeitung (concurrent procedure). Die ersten Interviews dieser Studie wurden aus diesen Gründen nach dem konkurrenten Verfahren durchgeführt. Es zeigte sich jedoch, dass an mehreren Stellen intensive Gedankenprozesse, welche durch die Befragung angeregt wurden, Einfluss auf später diskutierte Aufgaben hatten und daraus Abweichungen von der Standardsituation resultierten. Da die individuellen Anforderungen entsprechend des Untersuchungsgegenstandes auch individuelle Befragungsverfahren erfordern, ist die Pilotierung im Hinblick auf eine geeignete Methode wichtig (Ericsson & Simon 1984). Für die Interviews der Hauptstudie wurde eine Zwischenlösung gewählt (vgl. Willis 2005, S. 182). Die Probanden wurden in einem dreischrittigen Verfahren befragt:

**Phase 1:** Die Probanden gaben das individuelle Verständnis des Itemstamms wieder und beantworteten die Frage ohne Antwortvorgaben. Dadurch sollte erkennbar werden, ob die freien Vorstellungen mit denen in dem geschlossenen Format übereinstimmen.

**Phase 2:** Die Antwortmöglichkeiten kamen hinzu und die Probanden gaben ihr individuelles Verständnis der Antworten wieder. Anschließend bewerteten sie die Antworten und gaben Erklärungen dazu ab. Die Lernenden wurden dazu aufgefordert ihre freie Antwort mit den angebotenen Antworten zu vergleichen (vgl. Caleon & Subramaniam 2010b). Der Interviewer hat nur nachgefragt, wenn der Proband auf die genannten Aspekte nicht eingegangen ist, vermied aber ein intensives Nachfragen. Auf diese Weise wurden alle Fragen durchgegangen.

**Phase 3:** In der letzten Interviewphase wurden zuvor notierte Nachfragen gestellt, die eine stärkere Auseinandersetzung mit den Inhalten erforderten. Dabei wurden die Aufgaben nochmal einzeln besprochen.

Auf diese Weise wird näher an der Standardsituation geprüft und ungeklärte Fragen werden anschließend gestellt. Gleichzeitig bleibt der Interviewer bei der Beantwortung nicht im Hintergrund (Gesprächssituation) und gibt Anstöße für die selbstständige Beantwortung wesentlicher Aspekte. Dadurch ist eine unterstützende Gesprächssituation gegeben.

Die in dieser Studie verwendete Interviewprozedur enthielt zudem Merkmale des kognitiven Interviews (Willis 1999, 2005, vgl. Rupp et al. 2006, vgl. Ferrara et al. 2004). Eingesetzt werden kognitive Interviews zur Evaluation von Fragebögen. Ziel ist es, Fragen, die zur Erhebung von Informationen zu einer bestimmten Zielgruppe entwickelt wurden, für einen einfachen und verständlichen Umgang zu optimieren und valide Aufgaben zu konzipieren. Merkmale dieser Interviewform sind das Überprüfen des Verständnisses von enthaltenen Wörtern und die Wiedergabe der Aufgabe in eigenen Worten (vgl. Christmann 2004, S. 50). Dabei können wichtige Hinweise zum Verständnis der Aufgaben erfasst werden. Bei diesem Prozess des „Paraphrasierens“ muss der Interviewpartner sich vom wortwörtlichen Text lösen und in andere bereits bekannte sprachliche Mittel übertragen, wodurch Verstehensprobleme bewusst werden (Grzesik 1990, S. 155, Leighton & Gokiart 2005).

Um jeden Themenaspekt des Aufgabenpools hinreichend im Interview besprechen zu können, wurde ein Aufgabensatz der beiden zuvor für den Gesamttest konzipierten Aufgabensätze ausgewählt und im Interview überprüft (Tabelle 4.2). Pro Interviewpartner wurden drei oder vier der insgesamt sieben Fragen des Aufgabensatzes bearbeitet.

Tabelle 4.2: Aufgabensatz für die Interviewvalidierung

Thema	Distraktoren	Kontext
Anpassung von Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häufiger Gebrauch und Vererbung erworbener Merkmale</li> <li>• Anpassung aus Notwendigkeit</li> <li>• Anpassungs-Erkenntnis</li> </ul>	Veränderung der Laufgeschwindigkeit bei Geparden
Vererbung erworbener Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vererbung an direkte Nachkommen</li> <li>• Vererbung nach mehreren Generationen</li> <li>• Vererbung bei Vorteilen</li> </ul>	Abschneiden von Schwänzen bei Mäusen und Beobachtung der Ausprägung bei den Nachkommen
Anpassung von Merkmalen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatische Anpassung</li> <li>• Anpassung durch gezielte genetische Veränderungen</li> <li>• Anpassung durch Erkenntnis (merken)</li> <li>• gezielte genetische Veränderung</li> <li>• Natur als Akteur der Anpassung</li> </ul>	Entstehung der Schwimmhäute bei Enten, deren Vorfahren Landvögel waren
Natürliche Selektion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassung durch gezielte genetische Veränderung</li> <li>• Graduelle Anpassung über Generationen</li> <li>• Überleben und Vermehren der Stärksten</li> </ul>	In einem heißen Sommer wird die Nahrung für eine Buchfinkenpopulation knapp
Anpassungsprozess (Merkmalsverschiebung über Generationen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassungs-Erkenntnis</li> <li>• typologisch</li> <li>• Anpassungs-Notwendigkeit</li> </ul>	Zunahme von Individuen mit dunkler Fellfarbe bei Schneeschmelze in einer Population mit weißen Hasen
Bewertung genetischer Veränderungen (Entstehung neuer Merkmale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Auswirkungen, Vor- oder Nachteile</li> <li>• Gesundheitliche Probleme und frühzeitiger Tod</li> <li>• Bessere gesundheitliche Voraussetzungen</li> <li>• Vor- oder Nachteile</li> </ul>	Auftreten genetischer Veränderung bei einem Individuum in einer Wildpferdeherde (vgl. Fischer & Graf 2012)
Merkmale der Nachkommen (Entstehung neuer Merkmale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augenfarbe der Eltern oder Großeltern</li> <li>• Intermediäre Augenfarbe der Eltern</li> <li>• Augenfarbe des Elternteils mit dem gleichen Geschlecht</li> <li>• Verschiedene Augenfarben möglich</li> </ul>	Frage nach der Augenfarbe des Sohnes, die Mutter hat braune und der Vater blaue Augen

### Interviewleitfaden

Der Interviewleitfaden orientierte sich strukturell an den drei Interviewphasen, die in Anlehnung an Hamilton et al. (1997) und Willis (2005) entwickelt wurden (Kap. 4.5, siehe Phasen). Inhaltlich wurden dem problemzentrierten Interview entsprechend (Flick 2005) für jede Aufgabe wesentliche Aspekte aufgeführt, die im Gesprächsverlauf erfasst werden sollten, aber nicht in einer strikten Reihenfolge angesprochen werden müssen. Begrenzt wurde die Offenheit der Abfolge lediglich durch die durch die drei Phasen vorgegebene Tiefe der Nachfragen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Genauere Nachfragen zu wesentlichen inhaltlichen Aspekten wurden somit erst in der dritten Phase der Aufgabenüberprüfung gestellt. Die konkreten Fragen orientierten sich an den jeweiligen Inhalten der Aufgaben und Antworten (vgl. Olsen et al. 2001). Zudem wurden enthaltene Wörter, die potentiell missverstanden werden können (Hinweise dazu aus der Vorstudie und den Probeinterviews), hinsichtlich des Wortverständnisses überprüft. Mangelnde Sprachkenntnisse, bzw. ein ungenügendes Wortverständnis, können bei der Erfassung von Schülervorstellungen hinderlich sein und zu unangemessener Interpretation der Aufgaben führen (Clerk & Rutherford 2000). Zum Einstieg in das Interview wurde der Proband über den Interviewvorgang aufgeklärt und hervorgehoben, dass die Gesprächsinhalte anonym gehalten und nicht an die Lehrpersonen weitergegeben werden. Die Interviews wurden in einem Elternsprechzimmer durchgeführt, in dem sie möglichst ungestört stattfinden konnten. Die Interviews wurden zur Sicherheit mit zwei Aufnahmegeräten aufgenommen. Der Interviewvorgang orientierte sich an dem allgemeinen Leitfaden und den kontextbezogenen Nachfragen (Tabelle 4.3, Tabelle 4.4).

Tabelle 4.3: Allgemeiner Leitfaden, aufgabenunabhängig.

<b>Leitfrage</b>	<b>Nachfragen</b>
<b>1. Testphase: Verständnis und Beantwortung des Itemstamms</b>	
Wiedergabe in eigenen Worten	Gibt es unverständliche Wörter oder Abschnitte?
Wie würdest du die Frage beantworten?	Spontaner Einfall?
<b>2. Testphase: Verständnis und Bewertung der Antwortoptionen</b>	
(Durchlesen der Antworten)	
Wiedergabe der Antworten in eigenen Worten	Gibt es unverständliche Wörter oder Abschnitte?
Übereinstimmungen einer Antwort mit der eigenen?	
Zustimmung anderer Antworten?	
Gründe des Ablehnens von Antworten?	
<b>3. Testphase Nachfragen</b>	
Du hast eben gesagt...	Kannst du das noch genauer erklären?

Der in Tabelle 4.3 dargestellte Leitfaden bezieht sich auf die übergeordnete Struktur und die Fragen, die bei jeder Aufgabe berücksichtigt wurden, bzw. werden sollten, wenn die Interviewpartner die betreffenden Aspekte nicht selbst angesprochen haben. Für die einzelnen Kontexte wurden zusätzlich aufgabenspezifische Fragen konzipiert, die bei der Auseinandersetzung mit den einzelnen Aufgaben berücksichtigt wurden.

Für die einzelnen Kontexte wurden folgende besondere Fragen entwickelt:

Tabelle 4.4: Nachfragen in den einzelnen Kontexten und besonderen Situationen

Wenn enthalten...	Was bedeutet das Wort...
Ignorierte Aspekte	Gab es noch etwas anderes in der Antwort, das Du berücksichtigt hast? War das für die Auswahl der Antwort wichtig? Was hat dich angesprochen bei der Antwort?
Geparde	Bedeutung der Wörter Vererben und Vorfahren, Bedeutung „einige“
Buchfinken	Bedeutung genetische Veränderung, Berücksichtigung und Bedeutung des Vermehrungsaspekts
Weismann	Was sind Nachkommen? Was ist eine Generation?
Enten	Bedeutung der Vermehrung? Was sind Vorfahren? Eingehen auf die Zufälligkeit der genetischen Veränderung
Hasen	Bedeutung der Abbildungen. Was ist eine Generation?
Wildpferde	Bedeutung der Veränderungen in den Genen? Gibt es Unterschiede zwischen gesundheitlichen Vor- und Nachteilen und anderen Vor- und Nachteilen?
Augenfarbe	Könnte der Sohn auch eine ganz neue Augenfarbe haben? (für den Vergleich Überdauern von Merkmalen und gezielte genetische Veränderungen)

Im Zusammenhang der Kontexte wurden die enthaltenen Wörter angesprochen, die in den vorangegangenen Aufgabenuntersuchungen als potentiell missverständlich aufgefallen sind (Tabelle 4.4). Zudem wurden inhaltliche Besonderheiten hervorgehoben, die in den Begründungen der Vorstudie nicht eindeutig erfasst werden konnten (z.B. Unterscheidung gesundheitlicher und anderer Nachteile in der Wildpferde-Aufgabe). Sich wiederholende Wörter wurden nur in einem der Kontexte erfasst, wenn diese vom Interviewpartner allgemein und nicht kontextbezogen beschrieben wurden (z.B. Vererben als Weitergabe von Merkmalen, oder Vererbung der Augenfarbe).



## 4.6 Datenanalyse

Die Aufbereitung und Auswertung der Daten orientierte sich an dem von Gropengießer (2008) entwickelten Verfahren zur qualitativen Inhaltsanalyse, das für problemzentrierte Interviews geeignet ist. Dabei wurden die geordneten Aussagen, die Explikation und die Konzepte nach der Methode von Gropengießer entwickelt. Formale Aufgabenmerkmale, wie beispielsweise unwesentliche Aspekte, wurden kategorial festgehalten, wodurch Bezug zur Bildung von Kategorien nach Mayring (2010) genommen wurde<sup>5</sup>.

### Aufbereitung

In der Aufbereitungsphase wurde das Material nach Gropengießer (2008) transkribiert und anschließend redigiert. Dabei wurde das gesamte Material verschriftet. Es wurde eine Wortprotokollierung vorgenommen, bei der in Schriftdeutsch die exakte Wortwiedergabe beachtet wurde. In dem nächsten Schritt, wurde das Textmaterial von Dialektwörtern bereinigt. Dabei wurden Formulierungen wie „ne“ für unbestimmte Artikel wie „ein“ in die entsprechende korrekte Ausdrucksweise überführt. Zudem wurden Füllwörter wie „mh“ und „em“ und „äh“ herausgenommen. Danach wurden die Transkripte mit Zeilennummern versehen. Im nächsten Schritt wurde das Material redigiert, wobei bedeutungstragende Aussagen im Zusammenhang der Fragestellung selegiert wurden. Argumentationsketten bzw. Aussagen zu einer bestimmten Frage, wurden als Abschnitt zusammengestellt. Diese wurden dabei mit Anfangs- und Endzeilennummer versehen. Die Aussagen wurden in der zeitlichen Abfolge belassen. Die zusammengestellten, bedeutungstragenden Abschnitte wurden dann in eigenständige Aussagen des Interviewpartners überführt, wobei die Fragestellung und der Kontext in die eigenständigen Aussagen integriert wurden. Im letzten Schritt der Redigierung wurden die Aussagen paraphrasiert, sodass vollständige Sätze mit grammatikalisch korrekter Satzkonstruktion hergestellt wurden. Dabei wurde auf die dem Interviewpartner eigene Sprache geachtet. Hinzugefügte Wörter, welche die Aussage des Schülers zu einem vollständigen Satz abrunden, wurden in eckige Klammern gesetzt. Dabei wurden bestimmte Satzelemente, die keine inhaltliche Bedeutung für die Aussage hatten und lediglich das Lesen der Sätze erschweren, entfernt. Dies betraf folgende Satzelemente:

---

<sup>5</sup> Weitere Informationen, welche die Ergebnisdarstellung betreffen, finden sich am Anfang der Ergebnisse der Hauptstudie.

„Ich denke,...“, „Ich glaube...“, „Ich finde,...“ wurden eliminiert, wenn der Satz auch ohne stehen konnte.

**Beispiel:** „~~Ich denke~~, das kommt nach und nach.“

**Beispiel:** „Das könnte möglich sein, ~~finde ich~~.“

Dabei wurden die aussagetragenden Satzteile nicht geändert.

Entfernt wurden auch Füllseln wie „vielleicht“, „sag ich jetzt mal“ oder „irgendwie“, die das Lesen erschweren, aber keine wesentliche Aussage transportieren. Unsicherheiten wurden nur bei direktem Hinweis (Aussage) durch den Schüler beibehalten. Alle anderen in Füllwörtern angedeuteten Unsicherheiten (z.B. vielleicht) wurden vernachlässigt.

Zudem wurden Füllseln wie „schon mal“, „dann“ und „immer“, wenn sie keine Zeitangabe umschrieben haben, sondern nur als Füllwörter benutzt wurden, entfernt.

**Beispiel:** „Ich finde das ~~dann~~ am logischsten.“

Zwar sind die Transkripte in der Aufbereitung durch die klare Satzkonstruktion und Strukturierung leichter zu verstehen und entsprechend fällt eine inhaltliche Auswertung des Materials leichter, da in diesem Bearbeitungsschritt jedoch auch interpretative Veränderungen vorgenommen werden, wurden die aufbereiteten Transkripte zur Sicherheit mit den originalen Aufnahmen erneut verglichen, um abweichende Aussagen zu vermeiden.

### Auswertung der Ergebnisse

#### Geordnete Aussagen

Die Bildung geordneter Aussagen ist eine Strukturierung des Materials, bei der die Aussagen themenspezifisch angeordnet werden. Entsprechend der Fragestellung wurden die Aussagen zunächst nach Aufgaben aufgeteilt. Innerhalb der Aufgaben wurden die Aussagen der freien Beantwortung und bei Hinzukommen der Antwortoptionen gruppiert. Die Aussagen wurden unterteilt in verständnisbezogene Äußerungen (eigene Wiedergabe) und beantwortende, bzw. bewertende Aussagen. Durch die Bündelung bedeutungsgleicher Aussagen wurden sich wiederholende Abschnitte eliminiert und jeweils eine der Aussagen beibehalten. Die Zeilennummern der Interviewstellen bedeutungsgleicher Aussagen, die nicht in den geordneten Aussagen erhalten wurden, wurden für den entsprechenden Abschnitt zusätzlich angegeben. Variationen der genutzten Wörter in diesen bedeutungsgleichen Aussagen wurden in runden Klammern angehängt. In der anschließenden Sequenzierung wurden die einzelnen Abschnitte in eine sinnvolle Reihenfolge ge-

bracht. Dabei wurden die verständnisbezogenen Aussagen vorangestellt. Die Aussagen im Zusammenhang mit den Antworten wurden in Zustimmungen und Ablehnungen eingeteilt, wobei die Zustimmungen auf die freie Beantwortung folgen, da in der Explikation die frei geäußerte Vorstellung mit den Aussagen zu den zugestimmten Antworten verglichen wurden. Nachfragen oder die Antworten auf direkte Nachfragen des Interviewers sind *kursiv* gesetzt, um die Transparenz des Gesprächsverlaufs zu bewahren.

In der Ergebnisdarstellung der Geparden-Aufgabe (Kap. 5.3) werden die geordneten Aussagen eines Interviewpartners exemplarisch aufgeführt. Die geordneten Aussagen aller weiteren Interviews können im Anhang eingesehen werden. Die geordneten Aussagen stellen die Grundlage aller weiteren Auswertungsschritte dar, die wesentlichen Ergebnisse ergeben sich jedoch durch die Explikation und die Interpretation auf der Ebene der Konzepte, welche in der Explikation aus den wesentlichen Vorstellungen gebildet wurden.

### Explikation

In der Explikation wurden die für einen Probanden zentralen Aspekte im Zusammenhang der Fragestellung zusammengefasst und aufeinander bezogen. Für jede Aufgabe und jeden Interviewpartner wurden einzelne Explikationen angefertigt, um den Verlauf der Vorstellungsgenerierung von der freien Antwort zur Auswahl einer Antwort darstellen zu können. Bei der Auswahl der hervorgehobenen Aussagen war die zentrale Fragestellung leitend. Dabei wurde darauf geachtet, auf Grund welcher Gemeinsamkeiten zwischen freier Vorstellung und der ausgewählten Antwortoption die Entscheidung getroffen wurde und ob möglicherweise besondere Schlüsselaspekte die Wahl begünstigt haben. Von Bedeutung ist, welche Aspekte in den Antworten im Vergleich zur freien Antwort beibehalten wurden und welche neu dazu gekommen sind. Wie Gropengießer (2008) die Funktion der Explikation beschreibt, wird das Interviewmaterial nach den Charakteristika des Verständnisses untersucht. Sprachliche Eigenheiten und alltagsbezogene Assoziationen zu den Inhalten, die für die Zustimmung oder Ablehnung der Antworten wesentlich waren, wurden dabei berücksichtigt.

### Konzeptbildung und Einzelstrukturierung

Die Herausstellung der wesentlichen Aspekte in der Explikation wurde durch die Bildung von Konzepten vervollständigt. Gropengießer (2008) beschreibt Konzepte als die „mittlere Ebene im Kontinuum der gedanklichen Konstrukte“, denen auf allgemeinerer, zusammenfassender Ebene nochmal die Denkfiguren übergeordnet werden (Kap. 2.4.1.2). Kon-

zepte werden auch als Begriffe definiert (Berck & Graf 2003, S. 46, Berck & Graf 2010, S. 121). In dieser Studie werden übergeordnete Denkmuster, wenn gebraucht, als Erklärungsmuster beschrieben. Die Konzepte wurden möglichst nah am Kontext formuliert, da Vorstellungen sehr kontextabhängig generiert werden (z.B. Nehm & Ha 2011) und die Vorstellungen in der Interviewphase nur auf einen Kontext (Themen auf einzelne Aufgaben begrenzt) begrenzt waren. Wurden Vorstellungen von den Interviewpartnern allgemeiner formuliert, wurden die Konzepte auch allgemeiner gehalten. Konzepte geben in ihrer Formulierung möglichst kurz und knapp die Vorstellung eines Interviewpartners zu einem bestimmten Sachverhalt wieder. Auf Konzeptebene lassen sich Vergleiche mit anderen Interviewpartnern anstellen, da diese wie in einem Kodiersystem bestimmte Vorstellungen in treffenden und knappen Kategorien kennzeichnen. Es wurden jeweils die wesentlichen Vorstellungen als Konzepte formuliert, welche das Verständnis und die Begründungen der Antwortwahl verdeutlichen. Es wurden nicht gesondert Konzepte zum Verständnis und solche zu Begründungen differenziert, da sich diese schwer auseinanderhalten lassen und Lernende oftmals nicht einmal Erklärungen von Beschreibungen unterscheiden können (Abrams & Southerland 2001, vgl. Kattmann 2008). Das Wortverständnis potentiell verständniskritischer Wörter (z.B. genetische Veränderungen) wurde im Rahmen der Explikation erwähnt und entsprechende Konzepte gebildet. Wurden die Erklärungen dazu nah am Kontext einer Antwort gehalten, wurde diese Vorstellung bei den Konzepten zu den einzelnen Antworten aufgeführt (Einzelstrukturierung). Wurden Wörter übergreifend definiert, wurden diese als „antwortunabhängig“ gekennzeichnet.

Aufgabenmerkmale, wie das Ignorieren von Antwortaspekten oder das Vernachlässigen bestimmter Antwortaspekte, wurden zusätzlich im Sinne einer Kategorie nach Mayring (2010) induktiv herausgestellt. Diese geben wichtige Hinweise für die Aufgabenüberarbeitung. Sie sind im Text durch Unterstreichung erkennbar (s. Kap. 5.2.1).

Die für jede Person herausgearbeiteten Konzepte wurden in der Einzelstrukturierung dargestellt und zusätzlich (im Zusammenhang der Antworten) in ihrer Funktion als „Übereinstimmung“, „Beibehaltung“, „Erweiterung“, „Modifizierung“ oder „neuer Aspekt“ gekennzeichnet. Dieser Aspekt berücksichtigt die Veränderung von Vorstellungsaspekten, die durch die Aufgabenanforderung hervorgerufen werden können. Übereinstimmungen beruhen auf der selbst durch den Schüler festgestellten Übereinstimmung der freien Antwort mit einer Antwortoption. Die Beibehaltung bezieht sich auf Vorstellungen, die wiederholt (im Vergleich zur freien Antwort) ohne Herausstellen einer Übereinstimmung

von dem Interviewpartner genannt wurden. Erweiterungen erfahren Vorstellungen durch zusätzliche Aspekte im Rahmen der Antwortbewertung, wobei die grundlegende Vorstellung erhalten bleibt. Modifizierungen kennzeichnen Veränderungen in der Vorstellung, die sich durch die Antworten vollziehen. Zudem können in den Antworten neue Aspekte aufgegriffen werden oder unabhängig von den Inhalten generiert werden. Da schwer einschätzbar war, inwieweit der Schüler bei Hinzukommen der Antworten neue Aspekte durch die Antwortinhalte oder unabhängig davon durch eigene gedankliche Weiterführung (oftmals schloss sich das an bereits in der freien Aufgabenbeantwortung genannte Aspekte an) generiert hat, wurden diese nicht unterschieden.

### Zusammenfassung

Schließlich wurden Gemeinsamkeiten auf konzeptueller Ebene dargestellt und diese wiederum zur Unterstützung der Aussagekraft mit dem Antwortverhalten von 10 Interviewpartnern aus der vorangegangenen Interviewrunde (konkurrentes Interviewverfahren), die nicht im Detail ausgewertet wurde, verglichen. Die beiden Interviewgruppen wurden zwar hinsichtlich ihrer Vorstellungen aufeinander bezogen, aber nicht direkt verglichen, da die Interviewformen voneinander abgewichen sind. Zudem variierte die Aufgabenzusammensetzung in den beiden Prozeduren, sodass unterschiedliche Einflusstendenzen durch andere Aufgaben gegeben waren. Über die Gemeinsamkeiten hinsichtlich der einzelnen Antworten pro Aufgabe wurden antwortübergreifende Merkmale aufgeführt (z.B. Verknüpfung von Antworten) und das Verständnis verständniskritischer Wörter zusammengefasst. Um vergleichbare Konzepte zusammenzufassen, wurden, wenn möglich, allgemeine Kategorien (Erklärungsmuster) gebildet, die sich nicht auf den Aufgabenkontext bezogen.

### Überblick über die Testversionen der Daten

Um die Aufgaben in verschiedenen Kontexten und mit verschiedenen Antwortkombinationen und -formulierungen testen zu können, wurden in der Vorstudie mindestens zwei verschiedene Testversionen konstruiert.

Tabelle 4.5: Umfang des Testmaterials in den verschiedenen Phasen der Testentwicklung.

Testphase		Umfang des Testmaterials
Vorstudie	1. Testdurchlauf	2 verschiedene Testversionen (A, B)
Vorstudie	2. Testdurchlauf	3 verschiedene Testversionen (C, D, E)
Hauptstudie	Interviews	Ein Aufgabensatz (7 Aufgaben)

Nach einem 2. Testdurchlauf wurden die Aufgaben für die Hauptstudie ausgewählt und überarbeitet. Pro Testversion gab es einen Aufgabensatz (Bandbreite der Themen), der in zwei oder drei verschiedenen Kontexten überprüft wurde, wodurch in jedem Test mindestens zwei Kontexte pro Aufgabe enthalten waren. In der Hauptstudie wird ein Aufgabensatz qualitativ überprüft, sodass eine Aufgabe zu jedem Themeninhalt genauer untersucht wird.

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Ergebnisse der Aufgabenentwicklung in der Vorstudie**

Für die Aufgaben (Tabelle 4.2, jeweils vor den Ergebnissen der Interviewanalyse aufgeführt, Kap. 5.2), die in der Hauptstudie mittels Interviews überprüft wurden, werden die Ergebnisse der Distraktorenanalyse im Detail dargestellt. Dazu werden die Häufigkeitsverteilung der Antwortwahl und die häufigsten, bzw. wesentlichen, Begründungen der Antworten aufgeführt. Die Begründungen wurden inhaltlichen Kategorien zugeordnet und nach dem Kategoriensystem (Kap. Datenanalyse der Vorstudie) mit den Kodierungen 0 - 4 versehen. Antworten mit unangemessener Begründung wurden mit 2 kodiert, teilweise zutreffende Begründungen, bei denen nicht alle wesentlichen Aspekte berücksichtigt wurden, wurden mit 3 und passende Begründungen mit 4 kodiert. Für jede Begründungskategorie wird ein Beispielzitat im Sinne eines Ankerbeispiels (Mayring 2010, S. 92) angegeben. Das Sicherheitsempfinden (Entschiedenheit bei der Wahl) bei der Antwortwahl lag in allen Testaufgaben im positiven Bereich (sehr sicher - etwas unsicher, Skalenwerte 1 und 2, vgl. Kap. 4.3.1). Nur vereinzelt waren die durchschnittlichen Werte für eine Antwortoption im mittleren Bereich (etwas unsicher - eher unsicher, Skalenwerte 2 und 3). Da die durchschnittlichen Werte auf Grund der Ähnlichkeit keine wesentlichen Aussagen über das Sicherheitsempfinden der Probanden bei der Auswahl zuließen, werden diese Werte nicht in den Ergebnissen aufgeführt. Die Ergebnisse der gängigen Gütekriterien auf Testebene (Itemschwierigkeit, Trennschärfe, Homogenität) werden zusammenfassend dargestellt, da diese nur flankierend einbezogen werden. Details zu den Gütekriterien dem Anhang entnommen werden (Statistik).

#### **5.1.1 Kriterien der klassischen Testtheorie im ersten Testdurchlauf**

Die vollständigen Items, die hier thematisiert werden, befinden sich im Anhang (Test A und B der Testphase 1).

### 5.1.1.1 Itemschwierigkeit und Trennschärfe

Tabelle 5.1: Durchschnittliche Itemschwierigkeit ( $p_i$ ), Trennschärfe ( $r_{pb}$ ) und Streuung der Einzelwerte der Aufgaben mit vier Antwortoptionen.

Testphase 1	Ø Schwierigkeit ( $p_i$ )	Streuung	Ø Trennschärfe ( $r_{pb}$ )	Streuung
Test A	.35	.23-.73	.51	.36-.71
Test B	.26	.10-.80	.45	.29-.62

Die optimale Itemschwierigkeit (Kap. 4.3.2) für Items mit vier Antwortmöglichkeiten ( $p_i = .625$ ) kann bezogen werden auf alle Items bis auf B2, B7 und B10 (Tabelle im Anhang, Statistik), die nur drei Antwortoptionen vorgeben. Die Mehrzahl der Items (12 Aufgaben) sind schwerer und haben einen Wert  $p_i < .5$  (Tabelle 5.1). Items in diesem Test, die nur drei Antworten vorgeben (optimale Schwierigkeit:  $p_i = .665$ , Kap. 4.3.2), liegen durchschnittlich bei einem Wert von  $p_i = .57$ . Auch diese Items sind somit insgesamt schwerer, liegen aber über dem Durchschnitt. Die Streuung der Schwierigkeitsindices für beide Testversionen der ersten Testphase ist zwar breit, der durchschnittliche Wert zeigt jedoch eine Konzentration im schwierigen Bereich für beide Testversionen (Tabelle 5.1, vgl. optimaler Streuungsbereich, Kap. 4.3.2).

Vier Items (B1, B3, B8 und B14) von Test B zeigen kein signifikantes Ergebnis und diskriminieren somit nicht hinreichend zwischen Richtig- und Falschlösern. Die Ergebnisse der Items mit einem signifikanten Wert (Tabelle 5.1), liegen durchschnittlich im mittleren Trennschärfebereich. In Test A weisen zwei Items (A8, A13) keine signifikante Trennschärfe auf. Alle anderen Items haben durchschnittlich hohe Trennschärfen.

### 5.1.1.2 Homogenität

Innerhalb der relativ heterogenen Tests wurden in Test B vier Aufgabenbereiche mit jeweils drei Aufgaben abgedeckt und alle anderen mit zwei. In Test A wurden bis auf einen Themenbereich alle Aufgaben in zwei Kontexten erfasst, da zusätzlich zu den geschlossenen auch offene Aufgaben zum Wortverständnis enthalten waren. Für die Themenbereiche mit jeweils drei Aufgaben wurde der Cronbachs Alpha ermittelt. Dieser Koeffizient zeigt für die Themenbereiche Variation und Merkmalsentstehung akzeptable Werte von  $\alpha = .714$  (Variation, Test B) und  $\alpha = .711$  (Merkmalsentstehung, Test B). Da für Konstrukte mit einer geringen Itemzahl ein kleiner Alpha-Wert üblich ist (Pallant 2010,



S. 97) und nach Peter (1997) ein Wert von 0,4 bei drei Items als moderat eingeschätzt wird, geben diese Werte eine akzeptable Korrelation an. Für zwei weitere Themenbereiche (natürliche Selektion und Anpassungsprozess) sprechen die kleinen Werte (natürliche Selektion:  $\alpha = .106$ , Anpassungsprozess:  $\alpha = .306$ ) für eine mangelnde interne Konsistenz der Aufgaben. Die Werte der internen Konsistenz geben Hinweise auf die Reliabilität der Konstrukte, die für die Themen Variation und Merkmalsentstehung akzeptabel ist.

Zusätzlich zur Berechnung der internen Konsistenz der Themen mit drei Kontexten wurde die Homogenität der Themenbereiche mit zwei Aufgaben ermittelt. Dabei wurden auch die Themenbereiche, zu denen drei Aufgaben im Test enthalten waren, paarweise verglichen. Dazu wurde als Homogenitätstest der Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Auf Grund der kleinen Stichprobe, wurde die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Prüfgröße mittels einer Simulation mit einer großen Stichprobe (10.000) über das Monte-Carlo-Verfahren vorgenommen (Kap. 4.3.2). Bis auf die Items zum Thema Selektion (B1, B6) (vgl. geringer  $\alpha$ -Wert) weisen alle vergleichbaren Items der einzelnen Themenbereiche in Test B eine signifikante Korrelation ( $p \leq .05$ ) (B2/B7,  $p = .007$ ; B3/B8,  $p = .003$ ; B4/B13,  $p = .025$ ; B5/B11,  $p = .025$ ) auf, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Antwortverhalten (dichotomisiert) in den beiden Kontexten vergleichbar ist. Für Test A ergibt sich keine signifikante Korrelation (Anhang, Statistik, Test A). Entsprechend können die Kontexte als nicht vergleichbar eingestuft werden, wobei auf die kleine Stichprobe für Test A hingewiesen werden muss.

## **5.1.2 Kriterien der klassischen Testtheorie im zweiten Testdurchlauf**

### **5.1.2.1 Itemschwierigkeit und Trennschärfe**

In der 2. Testphase wurden Testparameter für drei verschiedene Testversionen C, D, und E berechnet (Tabelle 5.2). Die vollständigen Items dieser Tests befinden sich im Anhang (2. Testphase, Test C, D, E).

Tabelle 5.2: Durchschnittliche Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Streuung der Einzelwerte der Aufgaben mit drei, vier und fünf Antwortoptionen (zusammen berechnet).

Testphase 2	Ø Schwierigkeit ( $p_i$ )	Streuung	Ø Trennschärfe ( $r_{pb}$ )	Streuung
Test C	.21	.08-.35	.48	.45-.52
Test D	.14	.11-.44	.67	.42-.89
Test E	.27	.04-.76	.52	.47-.58

Die Items des zweiten Testdurchlaufs liegen durchschnittlich in allen drei Testversionen im schwierigen Bereich. Die Trennschärfe liegt durchschnittlich im mittelmäßigen (Test C) und hohen (Test D und E) Bereich. Anzumerken ist, dass die verschiedenen Aufgaben 3-5 Antwortoptionen enthalten und die optimale Itemschwierigkeit der einzelnen Aufgaben dadurch geringfügig variiert. Getrennt berechnete Itemschwierigkeiten ( $\bar{p}_i$ ) ergeben Unterschiede, wobei die Aufgaben mit 5 Antwortmöglichkeiten nicht immer die schwersten sind (Test C,  $\bar{p}_i = .09 - .38$ ; Test D,  $\bar{p}_i = .16 - .28$ ; Test E,  $\bar{p}_i = .13 - .37$ ). Aufgaben mit nur drei Antwortoptionen sind dabei theoretisch leichter als solche, die fünf Antwortmöglichkeiten vorgeben, weil die Wahrscheinlichkeit der richtigen Antwortwahl höher ist.

### 5.1.2.2 Homogenität

Die Homogenität wurde in der zweiten Testphase ausschließlich mit einem Chi-Quadrat-Test (nach dem Monte-Carlo Verfahren für kleine Stichproben) berechnet, da jeweils nur zwei Aufgaben das gleiche Konstrukt abbilden. Für Test C und Test E ergeben sich keine signifikanten Korrelationen der vergleichbaren Kontexte zu den einzelnen Themenbereichen (vgl. Anhang, Statistik). In Test D sind die Korrelationen signifikant ( $p \leq .05$ ) bis auf die Items zum Thema Selektion (D1/D7), vergleichbar mit der ersten Testphase (D2/D8,  $p = .025$ ; D3/D12,  $p = .041$ ; D4/D10,  $p = .028$ ; D6/D13,  $p = .003$ ). Dies gibt Hinweise darauf, dass die Kontexte Schlangen und Papageien (D1/D7) als vergleichbare Kontexte ungeeignet sind.

### 5.1.3 Distraktorenanalyse der Aufgaben in der Vorstudie

Alle zugehörigen Tests sind im Detail im Anhang einsehbar.

#### 5.1.3.1 Aufgabe zur Anpassung von Eigenschaften in der ersten Testphase

##### Deskriptive Statistik

Die Aufgabe zur Anpassung von Eigenschaften (Testversion A und B) und die verschiedenen Kontexte (Items A4, A11, B4, B13) werden in Tabelle 5.3 hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung des Ankreuzverhaltens dargestellt. In den vergleichbaren Kontexten der Aufgabe wurden Geparden (Gep), Eisbären (Eis), Polarfüchse (Fuchs) und Seehunde (See) als Organismen eingesetzt. Der jeweils dritte Kontext (Items A8, B9) wird zur Wahrung der Übersichtlichkeit der Ergebnisse der Vorstudie nicht weiter betrachtet. Da die Aufgaben für die Begründungen zusammenfassend betrachtet werden, wurde der Kontext mit der entferntesten Organismengruppen (Bakterien, Insekten, Frösche) ausgelassen.

Tabelle 5.3: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Geparden-Aufgabe in Test A und B<sup>6</sup>.

	Test A		Test B	
	Gep	Eis	Fuchs	See
Erkenntnis	3	2	2	0
fachlich	15	13	8	9
typologisch	13	7	6	3
Notwendigkeit	19	28	17	21
n	50	50	33	33

<sup>6</sup> Abkürzungen sind im Abkürzungsverzeichnis erklärt.

Die Probanden mit Test A (Gep/Eis) entschieden sich überwiegend für die Anpassung aus Notwendigkeit (finale Vorstellung). Die Vorstellung von der Anpassungs-Erkenntnis (anthropomorphe Antwort) hingegen wurde sehr selten ausgewählt (Tabelle 5.3).

### Begründungen

In Tabelle 5.4 werden die häufigsten Begründungen dargestellt, die in der Geparden-Aufgabe, aber auch in den alternativen Kontexten hervortraten. Kontexteigene Aussagen werden gegebenenfalls nachstehend gesondert aufgeführt.

Tabelle 5.4: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten zur Geparden-Aufgabe der Tests A und B.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
fachlich	2	Beschreibung, Ignorieren des Vermehrungsas- pekts	„Die Schnelleren überleben.“
typologisch	3	Zeitlicher Aspekt der Anpassung	„Veränderungen gehen nicht direkt von 32 km/h auf 96 km/h.“
Notwendigkeit	3	anthropomorph	„Sie passen sich an die Umge- bung an.“
Notwendigkeit	4	passend	„Weil sie sonst verhungern und aussterben würden.“

Anthropomorphe (Erkenntnis) und finale (Notwendigkeit) Vorstellungen wurden mehrfach kombiniert ( $n = 15$ ). In diesem Fall wurde für die Antwort „Anpassung aus Notwendigkeit“ eine anthropomorphe Begründung herangezogen (Tabelle 5.4). Durch die geringe Auswahlhäufigkeit der anthropomorphen Antwort kann dazu kein aussagekräftiges Ergebnis dargestellt werden. Für die fachlich korrekte Antwort wurde oftmals nur der Überlebensaspekt berücksichtigt, seltener aber die Vermehrung der „besser Überlebenden“ als wesentlicher Aspekt der Antwort ( $n = 6$ ). Gleichzeitig wurde dieser Aspekt des Überlebens beschreibend wiedergegeben, aber keine Begründung genannt. Bei der Auswahl der typologischen Antwort wurden nur zeitliche Aspekte berücksichtigt (graduelle Veränderung), nicht aber die Veränderung eines Typus (typologische Vorstellung). Die

meisten passenden Begründungen ergaben sich bei der Antwort „Anpassung aus Notwendigkeit“ (n = 20). Die Zielgerichtetheit als Vorstellungskomponente wurde jedoch sehr häufig auch in die Begründungen anderer Antworten einbezogen.

Obwohl die finale Vorstellung (Notwendigkeit) als Antwortwahl sehr häufig gewählt wurde und auch in den Begründungen zu anderen Antworten häufig vorkam, war insbesondere bei den Kontexten Polarfuchs und Eisbär die zielgerichtete Veränderung aus Notwendigkeit zentral.

### Veränderung der Aufgabe

Auf der Grundlage der Ergebnisse wurde die Aufgabe verändert, um sie dann in der überarbeiteten Version erneut an Probanden der Zielgruppe zu testen (Items s. Anhang, 2. Testphase, Test C, D, E).

Die Antwort „Anpassung aus Erkenntnis“ wurde zwar selten ausgewählt, dieses Vorstellungsmuster wurde jedoch mehrfach in den Begründungen (z. B. Antwort „Anpassung aus Notwendigkeit“) zum Ausdruck gebracht. Formulierungen wurden daher verändert und „merken“ durch „wollen“ ersetzt.

In der fachlich korrekten Antwort ist sowohl der Aspekt des selektiven Überlebens als auch der besseren Vermehrung einiger Individuen enthalten. Die Vermehrung als Antwortaspekt wurde gegenüber dem besseren Überleben durch Schnelligkeit von vielen Probanden oft ignoriert. Die Lernenden gehen dann auf diesen Aspekt gar nicht ein (Tabelle 5.4). Um die wesentlichen Inhalte klarer herauszustellen, wurde die Antwort gekürzt.

Probanden, die sich für die typologische Antwort entschieden, haben die zeitliche Komponente (Anpassung braucht Zeit) berücksichtigt oder die graduelle Entwicklung der Individuen. Von keinem Schüler wurde der typologische Aspekt in der Begründung genannt. Aus diesen Gründen wurde diese Antwortoption verworfen und die Inhalte in einem anderen Zusammenhang unter Nutzung von Abbildungen dargestellt (Tabelle 4.2, Kap. 5.6). Die Vorstellung einer automatischen Anpassung (Deadman & Kelly 1978, Engel Clough & Wood-Robinson 1985a) wird als weitere häufige Schülervorstellung dazu genommen.

Da viele Probanden die Vorstellung der Anpassung aus Notwendigkeit als die plausibelste Erklärung auffassten (Tabelle 5.3), wurde das finale Erklärungsmuster für die folgende Testphase in Vorstellungsvarianten unterteilt. Die finalen Vorstellungsvarianten wurden

mit Hilfe von Studien zu Schülervorstellungen ausgewählt (Baalmann et al. 2004, Weitzel 2006). Zusätzlich zur bisher verwendeten finalen Antwortoption (Anpassung aus Notwendigkeit) wurden dann auch zwei weitere Antworten mit den Schwerpunkten „Körper als Akteur“ und „Natur als Akteur“ der zielgerichteten Anpassung hinzugenommen. Die Zwischenversion dieser Aufgabe ist im Anhang (Vorstudie) einsehbar.

### 5.1.3.2 Aufgabe zur Anpassung von Eigenschaften in der zweiten Testphase

#### Deskriptive Statistik

Folgend werden die Ergebnisse der Häufigkeitsverteilung der Antwortauswahl in der 2. Testphase dargestellt (Tabelle 5.5).

Tabelle 5.5: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Geparden-Aufgabe aus Test C, D und E.

	Tests D, E		Test C	
	Gep	Eis	Fuchs	See
wollen	0	4	3	2
fachlich	11	7	2	4
automatisch	3	8	5	10
Notwendigkeit	32	20	4	9
Körper als Akteur	3	13	12	1
n	49	51	26	26

Die Ergebnisse der Tests C und D wurden zusammengelegt, da die Tests die gleichen Aufgaben enthielten (Gep/Eis) (Tabelle 5.5). Es ergaben sich deutliche Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Auswahl der einzelnen Antworten. Für den Kontext Eisbär stieg die Präferenz der finalen Variante „Körper als Akteur“ im Vergleich zur Geparden-Aufgabe. Zwar wurde die finale Antwort (Notwendigkeit) und auch die fachliche Antwort in den Tests D/E (Gep/Eis) von mehreren Probanden ausgewählt, für die Kontexte Polarfuchs und Seehund (Test C) trifft das jedoch nicht zu. Unterschiede zeigten sich in Test C

darin, dass der Körper als Akteur beim Polarfuchs besonders häufig gewählt wurde, im Kontext der Seehunde wiederum nicht. In beiden Kontexten (Polarfuchs/Eisbär) wurde überwiegend der Körper als Akteur der Veränderung ausgewählt. Abweichungen zeigen sich für die Antwort „automatische Anpassung“, die primär in der Seehunde-Aufgabe überzeugte. Insgesamt wird kein eindeutiges Verteilungsmuster durch die veränderte Antwortzusammensetzung in der 2. Testphase deutlich.

### Begründungen

Im Folgenden werden die wesentlichen Begründungen für die Antwortwahl in der 2. Testphase aufgeführt (Tabelle 5.6).

Tabelle 5.6: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten zur Geparden-Aufgabe der Tests C, D und E.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
fachlich	2	Beschreibung	„Die Langsamen erwischen weniger Beute [...] und sterben eher.“
fachlich	2	Ignorieren des Vermehrungsaspekts	„Die Langsamen erwischen weniger Beute [...] und sterben eher.“
Notwendigkeit	3	Individuen passen sich an	„Viele Wesen ändern sich, um sich anzupassen.“
Körper als Akteur	4	Körper reagiert	„Der Körper reagiert auf die Einflüsse.“
automatisch	2	Lernen	„Man übt es automatisch und wird immer gelernter.“

Die Begründungen des 2. Testdurchlaufs (Tabelle 5.6) sind vergleichbar mit den Begründungen der Antwortoptionen im 1. Testdurchlauf (Tabelle 5.4). Die fachlich korrekte Antwort wurde erneut von einigen Probanden ( $n = 7$ ) mit einer Beschreibung der Inhalte begründet. Gleichzeitig berücksichtigten viele Probanden lediglich den Aspekt des Überlebens oder Sterbens, während die erfolgreiche Vermehrung, als weiterer Antwortinhalt, keine Beachtung fand ( $n = 10$ ). Meist waren dabei Beschreibungen und das Ignorieren von Antwortaspekten parallel gegeben. Trotz der Kürzung des Antworttextes stellte das

Überleben den bedeutsamen Teil der Antwort für die Probanden dar. Die finale Antwortoption (Notwendigkeit) wurden erneut anthropomorph begründet und mit der Zielgerichtetheit kombiniert (n = 11). Die kontextabhängig bevorzugte Antwort „Körper als Akteur“ wurde angemessen begründet, selten wurde nur die körperliche Veränderung beschrieben und die gezielte Anpassung (evolutionärer Bezug) nicht genannt. Die automatische Anpassung wurde zwar auch angemessen erklärt, einige Probanden führten jedoch den Aspekt „automatisch“ auf einen Lerneffekt oder Übung zurück (n = 5).

Im Zusammenhang des Kontextes Seehund wurde mehrfach das Üben mit einer automatischen Veränderung verglichen, in den anderen Kontexten wurde diese Assoziation nicht erwähnt.

### Veränderung einer Aufgabe

Für die Interviewvalidierung wurde die Aufgabe zur Anpassung der Laufgeschwindigkeit bei Geparden ausgewählt.

Die selten gewählten Antworten im Kontext Geparde („automatisch“ und „Körper als Akteur“) wurden eliminiert. Die Vorstellung von der automatischen Anpassung, die in anderen Kontexten häufiger ausgewählt wurde, wurde in einen anderen Kontext aufgenommen (Enten-Aufgabe, Kap. 5.9). Der Körper als Akteur der zielgerichteten Veränderung wurde nicht weiter als Distraktor verwendet, da diese Vorstellung der finalen Vorstellung (Notwendigkeit) untergeordnet werden kann und in dieser Variante nur sehr kontextbezogen präferiert wurde. Die anthropomorphe Vorstellung („Erkenntnis“) wurde als Antwortoption beibehalten. Hinweise aus den Begründungen zu anderen Antworten zeigen, dass diese Vorstellung bei vielen Lernenden der Zielgruppe besteht. Diese soll daher im Interview genauer untersucht werden.

Die Verbindung von finalen und anthropomorphen Vorstellungen, die in den Begründungen kombiniert wurden, gab Anlass dazu, diesen Zusammenhang im Interview genauer zu überprüfen. Die fachlich korrekte Antwort wurde häufig ausgewählt, meist aber nicht aus angemessenen Gründen. Gründe der Plausibilität dieser Antwortoption müssen genauer erfragt werden.

Die vollständig überarbeitete Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, befindet sich am Anfang von Kapitel 5.3.



### 5.1.3.3 Aufgabe zur Anpassung zur Bewertung von genetischen Veränderungen in der ersten Testphase

#### Deskriptive Statistik

Die Überarbeitung dieses Items wird in Fischer & Graf (2012) im Detail dargestellt und diskutiert.

Einige Testbearbeitungen fließen nicht in die Ergebnisdarstellung ein, weil diese Probanden sich nicht zwischen der Antwort B und C (negative oder positive Konsequenzen) entscheiden konnten. Diese Information konnte den Begründungen entnommen werden. Entsprechend wurden diese Aspekte in der folgenden Testversion berücksichtigt.

Tabelle 5.7: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgaben aus Test A und B.

	Zeb	Kan	Pferd	Maus
Gl. Chance	22	40	12	9
negativ	19	7	15	24
positiv	7	2	4	0
n	50	49	33	31

Die meisten Probanden entschieden sich für die Antworten „gleiche Chancen“ und „negative Auswirkungen“, in welchen das Fohlen gleiche Chancen wie die anderen Gruppenmitglieder haben wird, bzw. ein höheres Risiko hat, zu erkranken (Tabelle 5.7). In dieser Aufgabe sind nur drei Antwortmöglichkeiten gegeben, wodurch die Wahrscheinlichkeit steigt, dass die richtige Antwort ausgewählt wird. Es fällt auf, dass die negative Assoziation mit der genetischen Veränderung im Kontext Kaninchen vergleichsweise gering war und für die Kaninchen tendenziell „gleiche Chancen“ angenommen wurden.

## Begründungen

Tabelle 5.8: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Mutations-Aufgabe aus den Tests A und B.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
alle	2	Gen. Veränderungen führen zu Vor- oder Nachteilen	„Es kann eine gute, aber auch schlechte Veränderung sein.“
negativ	3	Kranke Tiere werden abgestoßen/nicht akzeptiert	„Häufig ist es so, dass solche Tiere abgestoßen werden und deshalb anfälliger für Krankheiten sind.“
negativ	4	schlechte Gesundheit	„Das Immunsystem wird nicht so gut sein, wie bei Gesunden.“
fachlich, positiv	2	Ausgleich der Auswirkungen	„Pferde können sich anpassen.“
fachlich	2/3	neutral	„Das hat nichts damit zu tun, ob es überlebt.“

Trotz der Auswahl einer der Antworten geben viele Begründungen Hinweise darauf, dass aus Sicht der Lernenden sowohl Vor- als auch Nachteile durch die genetische Veränderung resultieren können (Tabelle 5.8). Zusätzlich wurden soziale Ablehnungen als Grund der Nachteile erwähnt (Antwort negativ). In selteneren Fällen wurde auch soziale Unterstützung als Vorteil genannt. In der Antwort „positiv“, in der neben den Vor- und Nachteilen auch neutrale Auswirkungen angesprochen werden sollen (gleiche Chancen), wurden nur Vor- und Nachteile von den Schülern berücksichtigt bzw. ein Ausgleich der Auswirkungen in einen angepassten Zustand. Der neutrale Zustand (keine Auswirkungen, gleiche Chancen) kann dabei, wenn überhaupt, erst durch nachträgliche Anpassung erreicht werden. Darin zeigt sich auch, dass bei der Wahl für eine negativ oder positiv formulierte Antwort der Zielzustand entscheidend ist. Auch bei Auswahl der positiven Antwort wird

zunächst von einem negativen Ausgangszustand ausgegangen, der dann durch Anpassung „neutralisiert“ werden kann. In anderen Begründungen zur fachlichen Antwortwahl wurde der Zusammenhang von genetischen Veränderungen und den Überlebenschancen als zusammenhangslos beschrieben (n = 6). Hinsichtlich der Kodierung kommt es dabei darauf an, wie die Antwort formuliert ist. Entweder werden Auswirkungen generell abgelehnt (Kodierung 2) oder die neutrale Auswirkung als Option aufgefasst (Kodierung 3). In letzterem Fall werden andere Auswirkungen nicht ausgeschlossen.

### Veränderung der Aufgabe

Den Begründungen kann entnommen werden, dass viele Probanden davon ausgehen, dass Vor- oder Nachteile durch genetische Veränderungen resultieren können. Zudem wird die soziale Komponente als Nach- oder Vorteil integriert, die ebenfalls in den Begründungen mehrfach genannt wurde. Entsprechend kommt „Ausgestoßen werden“ als negative Konsequenz und „Unterstützen“ als positive Konsequenz hinzu. Beiden Konzepten geht jedoch eine negative Auswirkung auf körperlicher Ebene voraus. Die überarbeitete Aufgabe ist im Anhang (Testphase 2, Test C, D, E) einsehbar.

#### **5.1.3.4 Aufgabe zur Anpassung zur Bewertung von genetischen Veränderungen in der zweiten Testphase**

##### Deskriptive Statistik

Tabelle 5.9: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgaben aus Test C und D.

	Test C		Test D		
	Pferd	Maus	Zeb	Kan	
Gl. Chance	7	9	Gl. Chance	9	11
negativ	3	8	unterstütz	1	1
positiv	0	0	positiv	2	0
nicht akz	9	5	ausstoßen	16	11
Vor/Nach	7	4	-	-	-
n	26	26	28	23	

Tabelle 5.10: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Mutations-Aufgabe aus Test E.

	Zeb	Kan
gl. Chance	7	11
negativ	12	7
unterstütz	4	2
positiv	2	3
n	25	23

In der zweiten Testphase wurden bevorzugt die Antworten gewählt, die negative Komponenten enthalten, wie gesundheitliche Auswirkungen (negativ) und soziale Nachteile (ausstoßen, nicht akzeptieren) (Tabelle 5.9, Tabelle 5.10). Für die korrekte Antwort (gleiche Chancen) entschieden sich viele Probanden vergleichbar häufig. Die Antwortoption „Vor- und Nachteile“ wurde in einigen Fällen bevorzugt, die einseitig negativen Antworten wurden insgesamt jedoch präferiert.

## Begründungen

Tabelle 5.11: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Mutations-Aufgabe aus den Tests C, D und E.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
negativ, nicht akzeptieren	3	Zusammenhang soziale und gesundheitliche Komponente	„Wenn ein Herdentier wegen einer Krankheit nicht mitkommt, ist es auf sich selbst gestellt.“
negativ	3, 2	Genetische Veränderung führt zu früherem Tod	„Die Gruppenmitglieder wollen überleben und verstoßen es, wodurch es bald gerissen wird.“ „Es hat geringere Überlebenschancen.“
fachlich	2	Genetische Veränderungen können sich in positive Veränderungen wandeln	„Es kann sein, dass schlechtes Erbgut zu gutem wurde.“ „Die Tierwelt passt sich an die Lebensumstände an.“
fachlich	3	Überleben im Fokus, kein Zusammenhang	„Genetische Veränderungen wirken sich nicht auf das Überleben aus.“
Neg. Antworten	4	Andersartigkeit	„Weil es anders ist als die anderen.“

Im Zusammenhang der fachlichen Antwort, zeigen die Begründungen, dass die genetische Veränderung als ursprünglich negativ verstanden und die Möglichkeit einer positiven Veränderung in Betracht gezogen wird, wie in der ersten Testphase (Tabelle 5.11). Probanden mit dieser Begründung gehen somit ursprünglich von negativen Konsequenzen aus. Aus den Begründungen geht hervor, dass die sozialen und die gesundheitlichen

Komponenten oftmals zusammenhängen (negativ, nicht akzeptieren). Fehlt die Antwort „nicht akzeptieren“ unter den Antwortoptionen, werden Aspekte dieser Vorstellung im Zusammenhang „negativ“ beschrieben. Soziale Benachteiligungen ergeben sich dabei durch gesundheitliche. Sinnvoll erscheint den Probanden ein frühzeitiger Tod durch die negativen Konsequenzen der genetischen Veränderungen. Das Risiko zur Beute zu werden, hängt dann oftmals wieder mit dem Mangel an sozialem Schutz zusammen. Vor- oder Nachteile wurden wie in dem Beispielzitat in mehreren Fällen richtig von der fachlichen Antwort unterschieden, wobei die Andersartigkeit leitend ist, auf Grund dessen dann von anderen Gruppenmitgliedern abweichende Vor- oder Nachteile entstehen (n = 14). Der Aspekt des Überlebens wurde von einigen Probanden bei der fachlich korrekten Antwort in den Fokus gestellt (n = 16), wodurch die Möglichkeit der neutralen Auswirkung nicht als wesentlicher Aspekt der Antwort erkannt wurde.

### Veränderung der Aufgabe

Mehrere Antwortoptionen (teilweise 5 parallel) wurden in der Vorstudie getestet und für die dritte Version auf vier reduziert. Zwar können durch Varianten einer übergeordneten Vorstellung (z.B. negative Assoziation, übergeordnet und gesundheitliche Probleme, untergeordnet) präzisere diagnostische Aussagen gemacht werden (gesundheitliche Probleme, soziale Ablehnung), in den Begründungen wird jedoch mehrfach deutlich, dass die Vorstellungsaspekte oftmals zusammenhängen und keine klar abzugrenzenden Varianten darstellen. Die Diagnose von einzeln getrennten Varianten wird dabei hinfällig.

Die fachlich angemessene Antwort wurde auf Grund der Missverständnisse umformuliert. Dabei wurde neben Vor- und Nachteilen auch die neutrale Möglichkeit aufgeführt (keine Auswirkungen) und die Antwort so präzisiert. Da die sozialen Komponenten mit den gesundheitlichen in Verbindung stehen, wurden für die Aufgabe zunächst die gesundheitlichen Aspekte beibehalten (Krankheit und besondere Gesundheit) und als negative Assoziation als Antwortoption zur Verfügung gestellt. Der Zusammenhang mit der sozialen Komponente soll im Interview überprüft werden. Die gesundheitlichen Nachteile der Antwort „negativ“ wurden durch den frühzeitigen Tod ergänzt, der von den Probanden in den Begründungen genannt wurde, da dieser möglicherweise eine Schlüsselfunktion für das Auswahlverhalten hat. Die Vor- oder Nachteile wurden als zusätzlicher Distraktor beibehalten, da diese neu hinzugekommene Antwort die Vorstellung von der Andersartigkeit abdeckt. Die positive Vorstellungs-komponente wurde ebenfalls auf eine Antwort („positiv“) begrenzt und beibehalten, da dazu keine weitere Alternative besteht. Zudem

wurde in den Begründungen der negativ geprägten Antworten in mehreren Fällen auch eine positive Komponente genannt, die oft aber erst sekundär entsteht. Genauere Zusammenhänge sollen dann im Interview erfasst werden.

### 5.1.3.5 Aufgabe zur Selektion bei Nahrungsnot in der ersten Testphase

#### Deskriptive Statistik

Tabelle 5.12: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test A und B.

	Test A		Test B	
	Schl	Pap	Eidech	Finken
gez. gen.	24	15	13	2
Koop	0	2	0	2
Stärkste	16	21	11	16
fachlich	10	12	8	13
n	50	50	32	33

Alle Antworten, bis auf die Antwort „Kooperation“ wurden von den Probanden in der Aufgabe zur natürlichen Selektion häufig ausgewählt (Tabelle 5.12). Dabei ergaben sich kontextabhängige Verschiebungen im Verteilungsmuster. Für die Buchfinken ist festzustellen, dass in diesem Kontext die fachliche Antwort und die Antwort zum „Überleben der Stärksten“ deutlich präferiert wurde. Darin weicht das Verteilungsmuster von den anderen Kontexten ab, da die gezielte genetische Veränderung sehr selten ausgewählt wurde.

## Begründung

Tabelle 5.13: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test A und B.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
Kämpfen	2	Überlebenswille	„Weil sie überleben wollen.“
Kämpfen	4	Überleben der Stärksten	„Nur der Stärkste überlebt.“
fachlich	2	Zielgerichtete Anpassung	„Manche Tiere können sich besser anpassen als andere.“
gez.gen.	3	Überlebens-Notwendigkeit	„Lebewesen müssen sich der Umgebung anpassen, um zu überleben.“

In den Begründungen der Antwort B „Überleben der Stärksten“ war in mehreren Fällen der Überlebenswille der Buchfinken bedeutend ( $n = 10$ ), wodurch die zielgerichtete Anpassung in den Vordergrund trat (finaler Aspekt) (Tabelle 5.13). Das Überleben der Stärksten wird dabei mit finalen Vorstellungsaspekten verknüpft. Für viele andere Probanden stehen jedoch die generellen Vorteile der Stärksten im Vordergrund, wodurch diese Begründungen als angemessen bewertet wurden (Code 4,  $n = 16$ ). Für die korrekte Antwort wird zudem eine gezielte Anpassung als Begründung angegeben, die durch die Individuen selbst vorgenommen wird. Auch in diesem Fall werden fachlich unangemessene Vorstellungen mit der fachlichen Perspektive verknüpft. Bei der Auswahl der gezielten genetischen Veränderung als Antwort scheint den Begründungen entsprechend oftmals nicht die genetische Veränderung zentral zu sein, sondern die übergeordnete Zielgerichtetheit der Vorstellung, die auf das Ziel des Überlebens ausgerichtet ist.

## Veränderung der Aufgabe

Die Antwortoption „Kooperation“ wird eliminiert (nur in einem Test beibehalten) und stattdessen eine andere Schülervorstellung eingebunden („Suchen neuer Lebensräume“,



Baalman et al. 2004). Die anderen Antworten werden gekürzt und so auf die wesentlichen Aspekte reduziert, um das Ignorieren der Schlüsselaspekte zu vermeiden.

### 5.1.3.6 Aufgabe zur Selektion bei Nahrungsnot in der zweiten Testphase

Tabelle 5.14: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Aufgabe zur Selektion aus Test C, D und E.

	Test C		Test D		Test E		
	Eidech	Finken	Schl	Pap	Schl	Pap	
gez. gen.	12	9	-	-	-	-	
Koop	2	2	Suchen	8	13	13	12
Stärksten	9	13	Stärksten	16	11	8	6
fachlich	3	2	fachlich	3	4	4	5
n	26	26		24	23	27	28

Im zweiten Testdurchlauf zeigen sich Präferenzen für die Antworten „gezielte genetische Veränderungen“ und die Antwort „Überleben der Stärksten“ (Tabelle 5.14). Zudem entscheiden sich viele Probanden für die Antwort „Suchen neuer Lebensräume“. Die fachlich angemessene Antwort wird in allen Tests vergleichsweise wenig bevorzugt.

Tabelle 5.15: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Selektions-Aufgabe aus Test C, D und E.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
gez. gen.	3	Zielgerichtetheit	„Der Körper muss sich umstellen, damit ihre Art nicht ausstirbt.“
Kämpfen	2	Beschreibung	„Das machen alle Tiere.“
Kämpfen	4	Überleben der Stärksten	„Weil in der Tierwelt immer der Stärkere überlebt.“
Kämpfen	2	Zielgerichtetheit	„Weil jeder überleben will.“
Suchen	2	Kein Kampf	„Weil sie nicht kämpfen.“
Suchen	2/4	Zielgerichtetheit	„Weil sie versuchen sich ihrem Lebensraum anzupassen.“

Die meisten Schüler, die sich für die Antwort „gezielte genetische Veränderungen“ entscheiden, erwähnen in ihrer Begründung lediglich die Zielgerichtetheit des Prozesses, nicht aber die genetische Ebene (Nur eine Begründung wird mit 4 bewertet) (Tabelle 5.15). Entsprechend wird diese Begründung dann als teilweise angemessen bewertet. Für die Antwort „Überleben der Stärkeren“ stechen Begründungen hervor, die wie bereits im ersten Testdurchlauf den Überlebenswillen ansprechen ( $n = 7$ ). Dabei wird eine zielgerichtete Anpassung beschrieben, die gleichzeitig auch anthropomorph formuliert wird. Diese Begründung setzt dabei nicht die Vorteile der Stärksten im Allgemeinen in den Vordergrund, wodurch diese Begründungen als unangemessen bewertet werden. Zudem fällt auf, dass die Zustimmung zu dieser Antwort sehr kontextgebunden ist. Dabei wird diese Antwort oftmals abgelehnt, weil die Probanden davon ausgehen, dass die Schlangen oder Papageien nicht kämpfen ( $n = 11$ ). Die Vorstellung, dass immer der Stärkste gewinnt, zeigt sich jedoch auch in den Begründungen, die als angemessen bewertet werden. Die Antwort „Suchen neuer Lebensräume“ wird mit der Notwendigkeit einer Reaktion auf die veränderten Umweltbedingungen begründet, wobei eine finale Vorstellung deutlich wird (Kodierung 2). In vielen Fällen wird beschrieben, dass die Individuen die Suche

aktiv vornehmen, wodurch das Konzept „Suchen neuer Lebensräume“ vollständig erfasst wird (Kodierung 4, n = 14). Durch die Fokussierung auf diese beiden Aspekte wird jedoch die klare Abgrenzung zur Antwort „gezielte genetische Veränderung“ erschwert.

### Veränderung der Aufgabe

Die Vorstellung vom Suchen anderer Lebensräume wird zwar in der Literatur als häufige Schülervorstellungen beschrieben (Baalmann et al. 2004, Engel Clough & Wood-Robinson 1985a) und wird auch in diesen Aufgaben gerne ausgewählt, da diese Vorstellung jedoch nicht grundsätzlich falsch sein muss (Weitzel, 2006, Expertenvalidierung) ist sie als Distraktor kritisch zu betrachten und wird daher nicht weiter als Antwortoption verwendet.

Die vollständige überarbeitete Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, findet sich am Anfang des Kap. 5.7 vor den Ergebnissen der Interviews.

#### **5.1.3.7 Aufgabe zur Merkmalsverschiebungen über Generationen**

Dadurch, dass die typologische Vorstellung in den Aufgaben des ersten Testdurchlaufs von den Probanden lediglich als graduelle Veränderung über die Zeit verstanden wurde und die einheitliche Veränderung der gesamten Population (Typologie) nicht von einem Probanden in den Begründungen genannt wurde, wurde diese Vorstellung in einem neuen Kontext über Abbildungen verdeutlicht. Dazu wurden Abbildungen verwendet, die bereits Shtulman (2006) und Fenner (2013) im Rahmen der Untersuchung von Schülervorstellungen zur Variation verwendet haben. In den Abbildungen wird das in der Evolutionsdidaktik mehrfach verwendete Birkenspanner-Beispiel dargestellt, bei welchem durch die Industrialisierung die dunkle Morphe über die Jahre zunimmt und die helle Morphe seltener vorkommt (vgl. Kurtze 1983). Dazu wurden zwei vergleichbare Aufgabenvarianten entwickelt und in der zweiten Testphase überprüft.

Tabelle 5.16: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Birkenspanner-Aufgaben aus Test D und E.

	Test D	Test E
fachlich	13	5
typologisch	10	13
In einem Leben	5	6
n	28	23

Primär werden die fachliche und die typologische Antwort ausgesucht (Tabelle 5.16).

## Begründungen

Die Begründungen für alle drei Antwortoptionen werden überwiegend als unpassend bewertet.

Tabelle 5.17: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Birken-spanner-Aufgabe aus Test D und E.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
fachlich	2	Verfärbung durch Industrialisierung	„Weil es immer mehr Industriegebiete gibt und die Schmetterlinge so immer dunkler werden.“
fachlich	2	Bezug zur Aufgabenstellung (Alternativen im Kontext unlogisch)	„Es gibt ja auch noch helle Schmetterlinge.“
typologisch	2/3	Graduelle Veränderung im Vordergrund	„Sie werden langsam dunkler.“
typologisch	2	Verfärbung durch Industrialisierung	„Der Rauch hat die Birken-spanner nach und nach dunkler gefärbt.“
In einem Leben	2	Ontogenetischer Bezug	„Die entwickeln sich in ihrem Leben noch.“

Die Unangemessenheit der Begründungen der fachlichen Antwort ergibt sich zum einen daraus, dass die direkte Industrialisierung für die Verfärbung der Falter verantwortlich gemacht wird (Tabelle 5.17). Zum anderen wird der Itemstamm als Schlüsselaspekt genutzt, dem die Information entnommen wird, dass auch zu späterem Zeitpunkt noch helle Birken-spanner vorhanden sind. Diesen Aspekt finden diese Probanden nur in der Antwort A wieder. In der Antwort B tritt die helle Morphe nur am Anfang der Veränderung auf

und in den folgenden Abbildungen nicht mehr. In der Antwort B wird ebenfalls die Industrialisierung als direkter Grund der dunkleren Farbe der Birkenspanner angenommen (Rauch verändert Flügelfarbe). Einige andere Probanden beziehen sich in ihren Begründungen nur auf die graduelle Veränderung der Flügelfarbe, der typologische Aspekt wird nicht berücksichtigt (vgl. erste Testphase,  $n = 11$ ). In diesem Fall kann die Bewertung unangemessen sein (Kodierung 2, nur in einem Fall), überwiegend aber teilweise angemessen (Kodierung 3). In der Antwort C wird die ontogenetische Entwicklung des Falters als Grund der individuellen Veränderung herangezogen (von den Wenigen, die diese Antwort wählten:  $n = 3$ ). Diese Begründung ist unangemessen, weil der Bezug zur Veränderung im Kontext der Industrialisierung fehlt.

In der alternativen Testversion wurde die Aufgabe zusätzlich mit kleinen Abweichungen getestet. Dabei sind in der Antwort B zwei Typen gegeben, die in jedem Zeitintervall (unterschiedliche Zeitpunkte im Laufe der Industrialisierung) vorkommen. Die Häufigkeitsverteilung verschiebt sich dabei. Die meisten Probanden wählen die Antwort mit dem Schwerpunkt der graduellen Veränderung aus, bei der die weiße Morphe nicht nach dem ersten Zeitintervall verschwindet (Angleichung an den Itemstamm). Dies zeigt im Vergleich zur anderen Testversion, dass die Darstellung der zweiten Testvariante ansprechender ist. Der Konflikt mit den Inhalten im Itemstamm entsteht bei dieser Darstellung nicht.

### Veränderung der Aufgabe

Die Aufgabe lenkt den Fokus stark auf die Verschmutzung durch die Industrialisierung, die dann als ursächlich für die zunehmende dunkle Farbe verstanden wird (Verfärbung der Flügel). Der Vorgang der Anpassung unabhängig von der Rußverschmutzung, tritt dabei in den Hintergrund. Die typologische Vorstellung findet keine Beachtung, stattdessen wird die graduelle Veränderung in der entsprechenden Antwortoption als wesentlicher Aspekt aufgefasst. Die Vorstellung der einheitlichen Veränderung eines Typus wird dabei indirekt erfasst, da dieser Aspekt nicht bemängelt wird. Möglicherweise wird darüber aber nicht bewusst nachgedacht. Die individuelle Veränderung innerhalb eines Lebens wird in diesem Kontext stark geprägt durch die Kenntnis über ontogenetische Veränderungen innerhalb des Lebens. Durch diese kontextuelle Assoziation wird die Erfassung der Vorstellung von der Anpassung innerhalb eines Lebens erschwert. Entsprechend wird dieser Kontext als ungeeignet bewertet und daher verworfen. Zudem wird möglicherweise die Vorstellung einer graduellen Zunahme der dunklen Farbe durch den Kontext,

in dem die Rußverschmutzung mit der Zeit stetig zunimmt, gefördert. Hinderlich ist auch die Beschreibung des Kontextes im Itemstamm, die nach der Auffassung der Probanden nicht zur Darstellung der typologischen Perspektive passt.

Ersetzt wird diese Aufgabe durch die Hasen-Aufgabe (Demastes-Southerland, 1994), um kontextabhängige Mängel zu umgehen. Die Hinweise im Zusammenhang der Antwortoptionen werden für das Interview berücksichtigt. Da auch über die Abbildungen das explizite Erfassen der typologischen Vorstellung schwierig erscheint, deuten die Ergebnisse der Vorstudie darauf hin, dass es sinnvoller ist, die typologische Vorstellung bei der Aufgabe zu Variation zu integrieren.

Die vollständige überarbeitete Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, findet sich am Anfang des Kap. 5.6 vor den Ergebnissen der Interviews.

### 5.1.3.8 Aufgabe zur Vererbung der Augenfarbe

#### Deskriptive Statistik

Vorstellungen zur Vererbung wurden im Kontext der Körpergröße erfasst (Merkmale der Nachkommen). Die Vorstellungen dieser Aufgabe orientieren sich an den Untersuchungen von Chin & Teou (2010).

Tabelle 5.18: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Augenfarben-Aufgabe aus Test C und E.

	Test C		Test E	
	Größe	Haut	Größe	Haut
entweder oder	4	8	2	6
dazwischen	7	10	4	4
ähnlich	13	7	19	13
n	24	25	23	21

Die meisten Probanden entscheiden sich für die fachlich korrekte Antwort („ähnlich“), sowohl im Kontext Körpergröße, als auch im Kontext Hauttyp (Tabelle 5.18). Zwar zeigen sich in der ersten Testversion für den Kontext Hauttyp Unterschiede, die sich in einer häufigen Präferenz der intermediären Merkmalsvererbung („dazwischen“) als Antwort

zeigen, diese kontextabhängige Auffälligkeit bestätigt sich jedoch nicht für die zweite Testversion. Zu beachten ist, dass die Itemformate variieren. Während in Test 1 die Körpergröße über Abbildungen und Text gezeigt wird, wird in der Testversion 2 der alternative Kontext „Hauttyp“ über Abbildungen und Text dargestellt. Jeweils der andere Kontext wird in den Testversionen als Textaufgabe aufgeführt.

### Begründungen

Tabelle 5.19: Kategoriale Einordnung und Ankerbeispiele für die Begründungen der Antworten der Augenfarben-Aufgabe aus Test C und E.

Antwort	Kodierung	Kategorie	Zitat (redigiert)
fachlich	2/3	Unspezifische Aussagen	„Weil das Kind das Erbgut von der Mutter und dem Vater bekommt.“  „Es ist nicht vorhersehbar welche Größe das Kind bekommt.“
fachlich	2	Ungleiche Anteile	„Gene werden unterschiedlich stark überliefert.“
entweder oder	2	Anteile beider Eltern	„Weil es von beiden etwas haben wird.“
alle	2	Beschreibung	„Das Kind wird eine Mischung der beiden Hautfarben haben.“

Die Begründungen sind oft sehr unspezifisch und lassen keine Annahmen über ein genaueres Vorstellungsverständnis zu. Da die Begründungen wenig Einsicht in die Vorstellungen der entsprechenden Probanden ermöglichen, werden diese Begründungen als unpassend bewertet (Tabelle 5.19). Die Begründungen der fachlichen Antwort und der Antwort „von Mutter oder Vater“ weisen vergleichbare Züge auf. Die Probanden nennen Anteile sowohl von der Mutter als auch vom Vater von denen entweder der eine Anteil dominiert, oder es sind beide Eltern daran beteiligt, ohne das Aussagen zur Art der Verteilung gemacht werden. Für die Antwort „entweder oder“ wird dabei die „Vererbung der Merkmale nur eines Elternteils“ ignoriert und stattdessen eine Mischung elterlicher Merkmale



angenommen. Insgesamt bewegen sich die Aussagen auf einer allgemeinen Ebene und zeigen wenig spezifische Vorstellungsaspekte.

### Veränderung der Aufgabe

Insgesamt wird in beiden Testvarianten die fachliche Antwort präferiert. Die unspezifischen Begründungen geben wenig Hinweise darauf, dass die Vorstellung des Probanden der ausgewählten Antwort entspricht. Dass das Kind von beiden Eltern Anteile haben wird, könnte somit zur Antwort B oder auch zur Antwort C passen. Die Aufgabe ergibt dadurch wenige Informationen über die Vorstellungen der Probanden. In der folgenden Aufgabe sollen die Antworten präziser sein und unterschiedliche Vorstellungen treffender erfassen können. Ergänzend kommen dabei die geschlechtsspezifische Vererbung von Merkmalen (vgl. Chin & Teou 2010) hinzu.

Durch die Expertenvalidierung wurden die bisher genutzten Kontexte aus fachlicher Perspektive als nicht optimal geeignet beurteilt. Insbesondere die Körpergröße wird in den meisten Fällen intermediär vererbt (so die Anmerkungen einer Genetikerin), sodass das Einsetzen der intermediären Vererbung als Distraktor fachlich gesehen hinfällig ist. Die Aufgabe wird durch den Kontext Augenfarbe ersetzt und die Hinweise zu den Antwortoptionen der Vorstudie berücksichtigt.

Die vollständige Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, findet sich am Anfang des Kap. 5.8 vor den Ergebnissen der Interviews.

#### **5.1.3.9 Aufgabe zur Vererbung erworbener Eigenschaften**

Diese Aufgabe wurde ergänzend in den Itempool aufgenommen, da sich die lamarckistische Vorstellung in der Vorstudie als besonders häufige Antwortwahl erwiesen hat und die Vererbung erworbener Merkmale in dieser Aufgabe zentral ist. In der Vorstudie wurde die lamarckistische Antwortmöglichkeit jedoch parallel zur finalen Antwortoption in einer Aufgabe dargestellt. Da beide Antwortoptionen besonders häufig ausgewählt werden, kann durch die Ergänzung dieser Aufgabe die lamarckistische Vorstellung in einem separaten Kontext unabhängig von der finalen Vorstellung erfasst werden. Die lamarckistische Vorstellung wurde bereits in mehreren Studien im Kontext des Experiments von Weismann überprüft (z.B. Jiménez-Aleixandre 1992, Johannsen & Krüger 2005). Da zusätzlich bereits ein Antwortpool für diesen Kontext besteht, wird diese Aufgabe weitgehend übernommen.

## Deskriptive Statistik

Tabelle 5.20: Häufigkeit der Auswahl einzelner Antworten der Aufgaben zum Anpassungsprozess aus Test B.

	Schl	Pap	Frösche
typologisch	4	3	9
korrekt	11	10	5
lamarck.	7	13	15
gez. gen.	27	22	18
n	49	48	47

Ähnlich wie die fachlich angemessene Antwort, wird die lamarckistische Antwort häufig ausgewählt, obwohl sich die meisten Probanden für die Vorstellung einer gezielten genetischen Veränderung entscheiden (Tabelle 5.20).

Die vollständige Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, findet sich am Anfang des Kap. 5.4 vor den Ergebnissen der Interviews.

### **5.1.3.10 Aufgabe zur Merkmalsentstehung bei Enten**

Im Zusammenhang der Geparden-Aufgabe in der Vorstudie hat sich die finale Vorstellung als besonders plausibel für die Probanden herausgestellt. Für diese grundlegende Vorstellung wurden in mehreren Studien untergeordnete Konzepte ermittelt, die Varianten des finalen Erklärungsmusters darstellen. Um diese weit verbreitete Vorstellung im Itempool möglichst präzise und individuell erfassen zu können, wurden mehrere Aufgaben mit finalen Vorstellungsvarianten konzipiert. Ergänzend zur Geparden-Aufgabe wurde daher die bereits mehrfach zur Ermittlung von evolutionären Schülervorstellungen eingesetzte Enten-Aufgabe (Anpassung von Eigenschaften) (z.B. Bishop & Anderson 1990, Ferrari & Chi 1998) hinzugenommen. Dabei geht es um die Entstehung der Schwimmhäute der Enten, deren Vorfahren als Landvögel keine Schwimmhäute hatten. Da in diesem Kontext auch die anthropomorphe Vorstellung erfasst wurde, eignet sich

diese Aufgabe auch zur genaueren Untersuchung dieser Vorstellung. Die Kontexte der Vorstudie wurde nicht übernommen, da den Begründungen entnommen werden konnte, dass die Kontexte Polarfuchs und Eisbär die finale Vorstellung besonders fördern, da in diesen Kontext die Notwendigkeit der Anpassung im Vordergrund ist. Weil diese Vorstellung ohnehin sehr häufig ausgewählt wird, soll ein anderer Kontext genutzt werden, der weniger diese Vorstellung forciert. Die Seehund-Aufgabe wird auch nicht verwendet, da diese gleichsam wie die Geparden-Aufgabe die Veränderung einer Verhaltensweise beinhaltet. Stattdessen soll ein zusätzlicher Kontext herangezogen werden, bei welchem das „Trainieren“ nicht gleichermaßen hervortritt.

Die vollständige überarbeitete Aufgabe, wie sie in den Interviews der Hauptstudie genutzt wurde, findet sich am Anfang des Kap. 5.9 vor den Ergebnissen der Interviews.

#### **5.1.3.11 Aufgabe zur Variation innerhalb der Population**

In der Vorstudie wurden verschiedene Aufgaben überprüft, die zur Erfassung von Schülervorstellungen zur Variation innerhalb der Population entwickelt wurden. Die ursprüngliche Aufgabe wurde von Anderson et al. (2002) übernommen. In der Vorstudie zeigte sich jedoch, dass diese Aufgabe ungeeignet ist, um eine angemessene Diagnose der Vorstellungen zu Variation bei der Zielgruppe zu ermöglichen. Beispielsweise konnte den Begründungen entnommen werden, dass in den Antworten meistens nur einzelne Aspekte berücksichtigt wurden (Kodierebene 3). Wesentliche Aspekte wurden trotz kurzer Darstellung ignoriert. Zudem enthalten die Antwortoptionen mehrere verschiedene Themen, die unabhängig voneinander erfasst werden sollten. Überarbeitete Varianten dieser Aufgabe wurden in der zweiten Testphase überprüft und die Themen der Aufgabe auf das Grundlegendste reduziert. Da zu diesem Thema erst wenige Hinweise auf Schülervorstellungen vorliegen, wurde diese Aufgabe zusätzlich offen (ohne Antwortmöglichkeiten) gestellt. Ergebnisse der offenen Aufgabe zeigen viele unterschiedliche Vorstellungen zur Variation. Auf Grund der geringen Datenmenge wurde entschieden, diese Aufgabe nicht weiterzuentwickeln, da umfangreichere Untersuchungen zu den Schülervorstellungen zum Thema Variation nötig sind, um darauf aufbauend Diagnoseaufgaben mit den häufigsten Schülervorstellungen zu konzipieren.

Die genutzten Zwischenstufen dieser Aufgabe sind im Anhang (Vorstudie) in den Tests einsehbar.

## 5.1.4 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Vorstudie

### Anthropomorphe Vorstellungen (Geparden-Aufgabe)

Anthropomorphe Vorstellungen (Erkenntnis oder Wollen) als Antwortoption werden selten als präferierte Antwort ausgewählt. Dennoch ist die Vorstellung als Vorstellungskomponente in vielen Begründungen enthalten und somit Bestandteil des Vorstellungsmusters vieler Probanden. In qualitativen Studien wurde diese Vorstellung zudem häufig erfasst (z.B. Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Baalman et al. 2004). Das bietet Anlass, diese Vorstellung im Interview genauer und im Zusammenhang der alternativen Antworten zu überprüfen.

### Finale Vorstellung (Geparden-Aufgabe)

Als Antwortoption wird diese Vorstellung allgemein formuliert (Zielgerichtetheit, Anpassungs-Notwendigkeit) sehr häufig ausgewählt. Da mehrere Stellungsvarianten (z.B. durch genauere Beschreibung eines Akteurs der gezielten Anpassung) bekannt sind, kamen im zweiten Testdurchlauf zusätzlich Stellungsvarianten hinzu, um diese wesentliche Vorstellung genauer zu erfassen. Die Varianten (Körper als Akteur, Natur als Akteur) wurden in anderen Aufgaben der Vorstudie häufig ausgewählt, auch wenn die Anpassungs-Notwendigkeit als Antwortoption parallel zur Auswahl steht. Der Körper als Akteur der gezielten Anpassung wird dabei sehr kontextabhängig bevorzugt (Entstehung des warmen Fells bei Polarfüchsen). Da dieser Kontext im finalen Aufgabenpool nicht enthalten ist, gehen die Anpassungs-Notwendigkeit und die Natur als Akteur als Antwortoptionen in die Aufgaben der Hauptstudie (Interviews) ein (Erweiterung in zwei Aufgaben: Geparde und Enten).

### Typologische Vorstellung (Geparden-Aufgabe, Birkenspanner-Aufgabe)

Die typologische Vorstellung (Individuen sind alle gleich und ändern sich einheitlich) wird als Veränderung aller Individuen über einen gewissen Zeitraum in der entsprechenden Antwortoption beschrieben. Dabei trat für die Probanden die graduelle Veränderung in den Vordergrund. Auf das einheitliche Verändern aller Individuen wurde nicht eingegangen. Zur Verdeutlichung des typologischen Aspekts wurde eine Aufgabe hinzugenommen, die über Abbildungen diese Vorstellung deutlich machen soll (Birkenspanner).

Auch bei dieser Aufgabe stand lediglich die graduelle Veränderung im Vordergrund, die aber auch besonders durch den Kontext gefördert wird (zunehmende Rußverbreitung). Um kontextabhängige Aspekte zu vermeiden, wurde ein neuer Kontext gewählt, der bereits im Zusammenhang mit Schülervorstellungen zu Evolution eingesetzt wurde (Demastes-Southerland, 1994).

### Bewertung genetischer Veränderungen (Wildpferde)

Die fachlich angemessene Antwort (gleiche Chancen) wurde oft missverstanden (Vor- oder Nachteile, Anpassung als Neutralisierung der ursprünglichen Auswirkungen). Entsprechend wurde diese Antwort präzisiert. Gesundheitliche Auswirkungen wurden um soziale Auswirkungen erweitert, die oftmals im Zusammenhang mit den gesundheitlichen Konsequenzen der genetischen Veränderung beschrieben wurden. Ergänzt wird die gesundheitliche Konsequenz um die Lebenserwartung, die in mehreren Fällen als Begründung herangezogen wurde. Vor- oder Nachteile als Auswirkungen der genetischen Veränderung erwiesen sich bereits im zweiten Testdurchlauf als sinnvoller ergänzender Distraktor und werden dadurch beibehalten. Die Erweiterung und Präzisierung dieser Aufgabe erwies sich somit als sinnvoll.

### Umfang des Aufgabeninventars für die Schulpraxis

Die Vorstudie hat gezeigt, dass maximal 14 Aufgaben in einem Test enthalten sein sollten, da weitere Items nicht mehr angemessen bearbeitet werden und zudem die zeitlichen Kapazitäten eines praxistauglichen Aufgabeninventars überschreiten. Um die im Zusammenhang der Anpassung als wesentlich erachteten Themen abzudecken, können dabei nicht mehr als zwei parallele Aufgaben enthalten sein.

## 5.2 Ergebnisse der Hauptstudie

### 5.2.1 Darstellung der Ergebnisse

In folgender Reihenfolge werden die Ergebnisse aufgeführt:

- Geordnete Aussagen
- Explikation
- Einzelstrukturierung
- Konzepte der Antworten aller Interviewpartner im Vergleich
- Gemeinsamkeiten der Aufgabenbearbeitung

#### Geordnete Aussagen und Explikation

Für jeden einzelnen Interviewpartner wurden geordnete Aussagen aus den Interviews gebildet. Beispielhaft werden für die erste Aufgabe die geordneten Aussagen aller Probanden dargestellt, alle weiteren befinden sich im Anhang (um den Umfang begrenzt zu halten). Die einzelnen Abschnitte der geordneten Aussagen werden mit Zeilennummern versehen, die den Ort der Aussagen in den Transkripten angeben (siehe Anhang, Interviews). Frageinhalte des Interviewers werden kursiv gehalten (Verweis im Methodenteil). Die Konzepte, die in der Explikation gebildet werden, sind in Klammern gesetzt und in Großbuchstaben geschrieben (z.B. BEUTEERFOLG DURCH SCHNELLIGKEIT). Vorstellungen (als Konzepte formuliert) die abgelehnt werden, sind durchgestrichen (z.B. ANPASSUNGS ERKENNTNIS). Aufgabenmerkmale, die als Kategorien hervorgehoben werden (Kap. 4.6), sind unterstrichen (z.B. kontextabhängige Bewertung). Die Konzeptformulierung (nicht die genaue Definition) orientiert sich teilweise zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Studien an der Konzeptformulierung vergleichbarer Studien. Definitionen aller Konzepte und der Kategorien befinden sich im Anhang der Hauptstudie. Die übernommenen bzw. angelehnten Konzeptformulierungen sind dort mit Hinweisen zu den entsprechenden Quellen gekennzeichnet<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Anzumerken ist, dass sich viele Konzeptformulierungen auf seit längerem bestehende Bezeichnungen von Schülervorstellungen beziehen, wie beispielsweise „Überleben der Stärksten“, „Vererbung erworbener Merkmale“ oder „Anpassung aus Notwendigkeit“. Diese Bezeichnungen werden in vielen Studien genutzt.

### Darstellung der Einzelstrukturierung

In der zusammenfassenden Vorstellungsgenerierung werden die wesentlichen Konzepte und Prozesse von der freien zur geschlossenen Antwort dargestellt. In Anlehnung an die Strukturierung der Explikation (zunächst wird die freie Antwort und die als korrekt angesehenen Antworten beschrieben und anschließend die abgelehnten Antworten), werden in der Darstellung der Einzelstrukturierung zunächst die Antwortzustimmungen aufgelistet, diese sind mit einem Häkchen gekennzeichnet. Die sich anschließenden abgelehnten Antworten werden mit einem x versehen. Die Konzepte werden wiederum mit + gekennzeichnet, wenn diesen Vorstellungen zugestimmt wurde, mit – wenn die als Konzept formulierte Vorstellung abgelehnt wurde. Ein Ausrufezeichen (!) steht vor Vorstellungen, auf die vom Interviewpartner hingewiesen wurde, weil diese Vorstellung in der Antwort fehlt bzw. die Antwort mit dieser Vorstellung nicht vereinbar ist. Antworten, die verglichen oder verknüpft wurden, sind durch Linien verbunden. Der genauere Zusammenhang wird in dem Text zur Abbildung beschrieben. Vorstellungsveränderungen (freie Antwort und Antwortoption) werden durch Kategorien eingeordnet (z.B. neuer Aspekt). Diese Kennzeichnung wird nur für zugestimmte Antworten vorgenommen. Den Konzepten der Antworten geht jeweils der zentrale Aspekt in der Antwortbewertung voraus.

### Konzepte im Vergleich

In dieser Vergleichstabelle werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen verglichen. Die Tabellenspalten sind bei Ablehnung der Antworten weiß und bei Zustimmung grau hinterlegt. Vergleichbare Konzepte der einzelnen Schüler sind auf einer Höhe platziert. Konzepte, die nicht mit denen anderer Probanden verglichen werden können, sind in grauer Schriftfarbe gehalten<sup>8</sup>. Es werden nur Konzepte zu eigenständigen Vorstellungsäußerungen aufgeführt und nicht solche zu Aussagen auf Nachfrage, um die wesentlichen Konzepte hervorzuheben. Anzumerken ist, dass gleiche Konzepte nicht immer im Zusammenhang der gleichen Antwortoption von verschiedenen Schülern genannt wurden. Diese Parallelitäten sind in „Zusammenfassung und Vergleich der Aufgaben-Bearbeitung“ enthalten. Konzepte zum Wortverständnis sind ebenfalls in dem folgenden Kapitel hinsichtlich der Gemeinsamkeiten zusammengefasst.

---

<sup>8</sup> Es werden auch Ablehnungen und Zustimmungen der als Konzept formulierten Vorstellungen verglichen.

### Zusammenfassung und Vergleich der Aufgaben-Bearbeitung

Die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung (Verständnis des Itemstamms, freie Antwort, Bewertung der Antwortvorgaben, Wortverständnis) werden dargestellt. Die Gemeinsamkeiten werden dabei anhand der Konzepte belegt und zusätzlich mit vergleichbaren Aussagen aus zehn weiteren Interviews gestützt. Für diese werden die entsprechenden Interviewpassagen als redigierte Aussagen den zugehörigen Themen angefügt und dazu jeweils ein Konzept formuliert. Da das verwendete Interviewverfahren dieser zehn zusätzlichen Interviews von dem der Hauptstudie abweicht (konkurrentes Verfahren, Kap. 4.5), werden diese getrennt aufgeführt.



## 5.3 Geparden-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zur Anpassung von Merkmalen auf der Grundlage der Vorstudie in den Interviews überprüft.

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

- a. Die Geparde nutzten ihre Muskeln häufiger. Dadurch wurden sie schneller und vererbten dies an die Nachkommen.
- b. Die Geparde sind schneller geworden, weil es für das Jagen von ausreichend Beutetieren notwendig war.
- c. Einige Geparde waren schneller und haben mehr Beute gefangen. Dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere.
- d. Die Geparde haben erkannt, dass sie schneller laufen mussten, um ihre Beute fangen zu können.

### 5.3.1 Interview mit Peter

#### 5.3.1.1 Geordnete Aussagen

##### Itemstamm

##### **Wiedergabe der Inhalte** (3-10)

Geparde können im Moment bis zu 96 km/h laufen, wenn sie Beute jagen. Und früher konnten sie nur 32 km/h erreichen. *In der Aufgabe geht es darum*, wieso die schneller geworden sind, im Laufe der Zeit.

##### **Freie Beantwortung** (1-2, 13-21)

Die Geparde sind schneller geworden, weil die Nahrung besser geworden ist. [Es gibt] mehr und bessere Möglichkeiten der Ernährung und früher wussten die noch nicht viel

vom Leben. Das Essen ist besser und gesünder. *Deswegen sind die schneller geworden, weil die sich besser ernähren.*

#### Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

##### **Wiedergabe der Inhalte Antwort A (106-108)**

Hier bei A verstehe ich es so, dass die die Muskeln häufiger nutzten und dass die Nachkommen das geerbt haben und dass die dann im Laufe der Zeit immer schneller geworden sind.

##### **Zustimmung Antwort A (98, 118-122, 192-193)**

A passt am besten, weil die im Laufe der Zeit beim Jagen die Muskeln angestrengt haben und die Nachkommen, also die Kinder, haben das zum Teil immer geerbt und im Laufe der Zeit wurden die immer schneller und haben immer mehr Muskeln [bekommen] und dadurch [sind sie] schneller geworden. *Die Muskeln in A kommen dadurch:* Wenn die immer Beute jagen, ist das als wenn man trainiert.

##### **Zustimmung Antwort C (130-135, 218-225, 242-257)**

Antwort C könnte sein, weil das vielleicht auch zu meiner Antwort passen würde. Ich habe gesagt, dass das durch die Ernährung kam und hier [ist es so], dass ein paar Geparde schneller waren und bessere Beute hatten. Das Essen war besser. Vielleicht waren die dadurch gesünder und hatten dann auch bessere Nachkommen.

*C könnte zu meiner eigenen Antwort passen, weil die Geparde, die schneller waren, schon früher mehr Beute gefangen haben und dadurch besser gelebt haben und sich besser ernähren konnten. Dadurch waren die Kinder auch gesünder und konnten besser überleben.*

In der jetzigen Zeit sind nicht alle Geparde so schnell wie da angezeigt [ist], das ist nicht der Durchschnitt. Es ist unterschiedlich. *(Wie kommt das dann, dass hier in C einige schneller sind?)* Da bin ich mir nicht sicher. Es könnte sein, dass die, die keine gute Beute hatten, früher gestorben sind. Im Moment gibt es mehr von den Schnelleren, die von Anfang an ein bisschen schneller waren und die dann im Laufe der Zeit immer schneller geworden sind. *(Sind die dann erst schneller geworden oder waren einige zufällig schon schnell?)* Manche waren bereits von Geburt an schon schnell, ein bisschen, also nicht überschnell, sondern ein bisschen schneller als die anderen. Die hatten einfach mehr Glück mit der Beute und konnten sich dann besser ernähren. Dadurch sind die Nach-

kommen auch besser und schneller geworden. Die Ungesunden, die nicht das beste Essen hatten, [bekamen] das was übrig blieb.

#### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

##### **Wiedergabe der Inhalte Antwort B (124-125)**

B habe ich nicht so ganz verstanden. In B sind die Geparde schneller geworden, weil es für das Jagen von ausreichend Beutetieren notwendig war.

##### **Ablehnung Antwort B (212-217)**

*Ein bisschen kann ich mir vorstellen, dass die schneller geworden sind in B, weil es notwendig war, aber ich glaube nicht, dass die überlegen und dann schneller werden, weil die nicht einfach so schneller werden können. Das kommt einfach so, wie bei A, wenn die jagen, bauen die Muskeln auf und werden schneller. Ich glaube nicht, dass die überlegen, „ich muss schneller werden“ und dann schaffen die das.*

##### **Ablehnung Antwort D (100-103, 116-117, 230-238)**

In Antwort D finde ich nicht sinnvoll, dass die schneller laufen mussten und das erkannt haben. Dass die erkannt haben, dass die schneller laufen müssen, heißt nicht, dass sie dann wirklich schneller werden.

#### Vergleich mit den alternativen Antworten

*D ist nicht sinnvoll, weil das ein bisschen wie B ist. Ich glaube nicht, dass die erkennen, dass sie schneller werden müssen und dann plötzlich alle schneller sind, weil die nicht einfach sagen können, „ich möchte schneller sein“ und zack sind sie schneller. Das würde im Laufe der Zeit, wie in A und C, passieren, dass sie schneller werden und nicht dass sie einfach erkennen, dass sie schneller werden müssen.*

#### Wortverständnis

##### **Nachkommen (120)**

*Nachkommen* sind die Kinder.

##### **Vererben (194-200)**

*Vererben [bedeutet], wenn ein Vater oder eine Mutter ein(e) ganz Starke(r) war, dann ist es wahrscheinlich, dass es bei den Kindern von den Geparden auch so ist, dass die Nach-*

kommen nicht ganz schlapp werden. Die haben auch Muskeln und nicht, aber sind mehr dazu fähig, Muskeln schneller aufzubauen. Und das geht immer so weiter.

### 5.3.1.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei der Erklärung des Leistungszuwachses der Geparde, ist für Peter der Aspekt einer richtigen Ernährung zentral.

In der **freien Beantwortung** der Frage beschreibt er den Leistungszuwachs als eine Folge guter Nahrungsbedingungen (LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH BESSERE NAHRUNG). Die qualitative Verbesserung der Nahrung hat für Peter zudem eine gesteigerte Gesundheit zur Folge (GESUNDHEIT DURCH BESSERE NAHRUNG). Durch die Antwortmöglichkeiten erweitert und modifiziert Peter seine Vorstellung.

Den Ernährungsaspekt erkennt Peter in **Antwort C** wieder und verbindet seine zuvor unabhängig beschriebene Antwort mit neuen Aspekten der Antwortinhalte (LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH BESSERE NAHRUNG). In Antwort C versteht Peter den Zusammenhang von Nahrung und Leistung als höheren Beuteerfolg durch Schnelligkeit und merkt den Unterschied zu seiner freien Beantwortung an (BEUTEERFOLG DURCH SCHNELLIGKEIT). Abweichungen stellen jedoch kein Hindernis für eine positive Bewertung dar. Peter generiert aus seiner freien Antwort und Antwort C, in welcher die Geparde bereits schnell sind und dadurch mehr Beute bekommen, eine Zwischenlösung. Dabei begibt er sich von der einheitlich typologischen Ebene auf die Ebene zweier sich unterscheidender Typen von Geparden (ZWEI TYPEN). Schnelle Geparde sind dabei dann schon von Geburt an ein „bisschen schnell“ und steigern sich aber noch selbst im Laufe ihres Lebens durch die Nahrungsvorteile (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG). Dadurch, dass die schnellen Geparde „einfach mehr Glück“ gehabt haben mit der Beute (250-251), konnten sie sich besser ernähren und dadurch zusätzlich in ihrer Schnelligkeit steigern (ZUFÄLLIGE NAHRUNGSVORTEILE). Den erweiternden Zusammenhang „Schnelligkeit führt zu Beuteerfolg“ kann Peter somit nicht konsequent beibehalten. Ein fachlicher Ansatz hinsichtlich dieses Zusammenhangs ist deshalb nicht zu vermuten, vielmehr ist die Nähe zur freien Beantwortung Grund der Zustimmung bei Peter. Den bereits in der freien Beantwortung genannten Aspekt der „Gesundheit durch bessere Nahrung“ kann Peter in diese Antwort integrieren und erweitert dabei seine Vorstellung durch positive Auswirkungen auf die Gesundheit und Überlebenschancen der Nachkommen

(GESÜNDERE NACHKOMMEN DURCH BEUTEERFOLG). Dabei beschreibt er nicht genauer, wie diese mit den Vorteilen der Eltern zusammenhängen. Den Gesundheitsaspekt kann er sinnvoll auf die „bessere Vermehrung“ übertragen. Im Zusammenhang der Antwort C greift Peter somit generationenübergreifende Aspekte auf, die neu dazukommen.

Im Zusammenhang der zwei Typen, die Peter in **Antwort C** beschreibt, merkt er kritisch an, „dass in der heutigen Zeit nicht alle Geparde so schnell sind wie in der Aufgabe beschrieben [...], das ist unterschiedlich.“ (120-121). Damit stellt er die einheitliche Schnelligkeit der Geparde im Itemstamm in Frage. Da er selbst eine einheitliche Darstellung in seiner freien Antwort vornimmt, generiert Peter die Vorstellung von zwei Typen erst durch die Antwortmöglichkeit C. Die neue typologische Variante scheint dabei jedoch plausibler.

Charakteristisch im Zusammenhang mit Antwort C und der freien Beantwortung sind Peters qualitativen Anmerkungen („besser“). Die Leistungssteigerung ergibt sich dabei durch bessere Nahrung und Beute, was wiederum zu gesünderen und schnelleren Geparden führt, die bessere Nachkommen haben. Das deutet darauf hin, dass die Steigerung der Schnelligkeit für Peter als Verbesserung bewertet wird (VERBESSERUNG DURCH NAHRUNG).

In **Antwort A**, die Peter ebenfalls als zutreffend beschreibt, erkennt er keine Übereinstimmung mit der frei geäußerten Vorstellung, bewertet die Leistungssteigerung durch häufigen Gebrauch der Muskeln dennoch als plausibel. Eine Anknüpfung zur Alltagswelt zeigt sich darin, dass der häufige Gebrauch so ist, „als wenn man trainiert“ (192-193) (HÄUFIGER GEBRAUCH ALS TRAINING). Die Vererbung erworbener Merkmale scheint für Peter allerdings nur teilweise zutreffend zu sein. Den finalen Leistungsgrad muss jedes Individuum zusätzlich durch eigenes Training aufbauen (VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT, INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG). Die Leistungssteigerung in Abhängigkeit der Nahrung spricht Peter in seiner Bewertung der **Antwort A** nicht mehr an. Mit Antwort A kommen somit neue Aspekte hinzu, die Peter in seine Vorstellung integriert.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Nach Peters Auffassung wird in den **Antworten B und D** durch die Erkenntnis der Geparde von einer sinnvollen oder notwendigen Leistungssteigerung eine Veränderung hervorgerufen (~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~). Da Peter bezweifelt, dass Geparde

de „einfach sagen können, ich möchte schneller werden und zack sind sie schneller“ (236), lehnt er beide Antwortoptionen ab. Die Fähigkeit zur Erkenntnis an sich, beschreibt Peter nicht ablehnend, vielmehr kritisiert er das Erreichen der hohen Geschwindigkeit durch Wollen (beruhend auf der Erkenntnis) ohne einen Veränderungsprozess. Die in den **Antworten A und C** beschriebenen Vorgänge der Leistungszunahme vermisst Peter in den **Antwortmöglichkeiten B und D**. Wesentliche Gründe für die Ablehnung sind somit die Veränderung durch Erkenntnis und das Fehlen einer sinnvollen Beschreibung des Veränderungsvorgangs, wie er aus Peters Sicht in den **Antworten A und C** plausibel dargestellt wird.

Da Peter alle Antworten miteinander verknüpft (Vergleich B und D, Ablehnung von B und D mit Bezug auf A und C) und dabei die ursprüngliche Vorstellung der freien Beantwortung verändert, nehmen die Antwortoptionen wesentlichen Einfluss auf seine Vorstellung und auch der Antworten untereinander.

### 5.3.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.21: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Leistungssteigerung durch bessere Nahrung  Gesundheit durch bessere Nahrung	zentraler Aspekt	Veränderung durch Ernährung
	Übereinstimmung	✓ C +Leistungssteigerung durch bessere Nahrung
	Erweiterung Neuer Aspekt	+Beuteerfolg durch Schnelligkeit +Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg +Zufällige Nahrungsvorteile
	Beibehaltung	+Verbesserung durch Nahrung +Zwei Typen
	Neue Aspekte	✓ A +Häufiger Gebrauch als Training +Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit +Individuelle Leistungssteigerung x B -Angepasstheit durch Erkenntnis x D -Angepasstheit durch Erkenntnis

Die frei geäußerte Antwort passt in Ansätzen zu Antwort C, da die Anpassung dort mit Nahrungsvorteilen im Zusammenhang steht. Eine wissenschaftliche Erklärung für die Auswahl der fachlich angemessenen Antwort kann er jedoch nicht geben und gibt diese

auch nicht in der freien Antwort. Peter setzt die Antworten B und D gleich und verknüpft die gemeinsame Vorstellung von den Antworten B und D mit Antwort A, wodurch er letztlich über die Antwortmöglichkeiten eine Vorstellung generiert, die sich aus drei Antworten herausgebildet hat (Tabelle 5.21).

## 5.3.2 Interview mit Bea

### 5.3.2.1 Geordnete Aussagen

#### Itemstamm

#### **Wiedergabe der Inhalte (1-10)**

Ich verstehe das noch nicht, wenn sie ihre Beute jagen, können sie 96 km/h laufen und wenn sie normal rennen 32 km/h, oder? Die davor gelebt haben, konnten 32 km/h und die können 96 km/h erreichen. *Es wird gefragt*, wie sich die Zunahme der Laufgeschwindigkeit erklären lässt.

#### **Freie Beantwortung (10-29)**

Vielleicht laufen die [von Generation] zu Generation schneller? [So], dass die dann besser werden. Die späteren [Geparde] werden besser.

*Die, die jetzt leben* können schneller laufen, weil die das vielleicht mehr gelernt haben oder weil sie es geübt haben. Wenn wir üben dann werden wir auch immer schneller und vielleicht erbt man das dann. *Die haben das geübt, weil* es dann eine höhere Chance gibt die Beute zu kriegen. *Die Vorfahren waren langsamer, weil* die das vielleicht noch nicht so gelernt haben.

#### Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort B (114-116)**

Die sind schneller geworden, damit sie ausreichend Beutetiere bekommen.

#### **Zustimmung Antwort B (125-126, 193-201)**

*Antwort B* ist eigentlich fast genau das Gleiche wie D. *Bei B werden die Geparde schneller, weil* die gemerkt haben (dachten), wir brauchen mehr Essen oder ich werde nicht satt.

Damit sie dann schneller werden, [sind sie schneller geworden]. (*Wodurch werden die schneller?*) Vielleicht ist das ein bisschen wie in A, dass sie ihre Muskeln nutzen.

#### **Zustimmung Antwort D** (103-104, 123-124)

Ich hätte D gesagt. Dass die erkannt haben, dass man schneller laufen muss, um Beute zu bekommen.

#### **Vergleich Antworten B und D** (179-192)

*Ich habe gesagt B und D sind gleich.* Da hieß es, dass die schneller geworden sind, damit die viel Beute bringen, für ihre Kinder oder für sich. Da steht zwar nicht „mehr“, aber „ausreichend genug“, das ist das Gleiche. In D haben die vorher vielleicht nicht so viel bekommen, weil sie langsamer waren und dann haben sie gemeint, wir sind zu langsam, wir brauchen genügend Beute, damit wir auch satt und groß werden und deshalb sind die dann schneller geworden.

(*Und könnte da ein Unterschied sein, bei diesen beiden Antworten?*) In D steht „ausreichend“ und in B steht einfach nur „um ihre Beute fangen zu können“. Da wird nicht beschrieben wie viel oder wie wenig.

#### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort A** (208-219)

Die [Geparde] haben ihre Muskeln einfach genutzt und dadurch sind sie schneller geworden und weil sie dann schneller geworden sind, waren die Nachkommen auch so schnell. Aber die haben das erst später bemerkt, dass die Eltern langsamer sind und dann wurde der [Nachfahre] langsam geboren. Dann hat der das geübt. Dadurch wurden dann die Nachkommen schneller. Die haben das erst mal geübt schneller zu werden.

#### **Ablehnung Antwort A** (106-113)

A verstehe ich nicht, weil die erst mal erkennen müssen, warum sie ihre Muskeln häufiger nutzen. *In der Antwort fehlt*, warum die ihre Muskeln häufiger benutzt haben.

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort C** (118-120)

Und bei C waren zwar manche schneller, aber da gab es dann auch immer noch Langsame. Und da waren ein paar schneller und ein paar langsamer und dann haben sich die Schnellen und die Langsamen vermehrt.

#### **Ablehnung Antwort C** (120-121, 234-236, 242-249, 250-260)



Hier [in der Frage] ist es viel höher angestiegen und das sind dann nicht nur ein paar [Geparde], sondern viele. *Das kann nicht sein.*

Wenn ich ganz schnell bin und ich dann ganz viel Beute fange, es gibt aber 100 Geparde, können nur so 50 davon dann schnell laufen und 50 langsam und die 50 Schnellen fangen dann ganz viel (ausreichend) Beute und die anderen 50 Langsamen nicht ausreichend. Dann sind die Nachkommen von den Schnellen schnell und von den Langsamen langsam. *Ich finde es unlogisch, dass es Langsame gibt und Schnelle und nicht nur Schnelle, weil heute alle schnell sind.*

Vielleicht ist das so wie bei der Antwort A, dass sie das dann trainiert haben. Und dann haben es vielleicht 50 geerbt. [Die anderen] 50 haben es auch geerbt, aber die Vorfahren waren langsam und deshalb sind sie auch langsam gewesen.

*(Kann einer auch schnell sein, ohne das geerbt zu haben?)* Dann ist das einfach so. Vielleicht hat er das geübt oder hat Spaß daran und kann deshalb schneller laufen.

### Wortverständnis

#### **Vererben (226-233)**

*(Hinweis auf das Wort vererben in der Antwort A. Bedeutung?)* Ja, wenn ich groß bin und mein Kind oder mein Mann ist klein, dann könnte es sein, dass mein Kind mittelgroß wird oder es könnte sein, dass es das von mir geerbt hat oder von meinem Mann und dann ist es entweder klein oder groß.

*(Ist das auch in Antwort A so gemeint?)* Eigentlich schon. Das könnte eigentlich doch sein, wegen den Muskeln. Wenn der Gepard viele Muskeln hat, dann erbt das Baby das und dann wird es auch so schnell. Dann muss das Baby vielleicht erst mal die Muskeln trainieren.

#### **5.3.2.2 Explikation**

##### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Bea nutzt für ihre Erklärung des Leistungszuwachses der Geparde überwiegend finale und anthropomorphe Vorstellungen.

In der **freien Beantwortung** erklärt sie die Leistungssteigerung durch Lernen, die sie als gezielte Maßnahme der Geparde versteht, den Beuteerfolg zu verbessern (GEZIELTE LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH LERNEN). Zusätzlich spricht Bea die Möglichkeit der

Vererbung an (VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT). Damit macht sie bereits in der freien Beantwortung generationenübergreifende Aussagen. Bea stellt sich zudem einen graduellen Prozess vor (GRADUELLE ANPASSUNG), den sie als Verbesserung der ursprünglichen Situation beschreibt und der im Zusammenhang mit der Übung steht (VERBESSERUNG DURCH TRAINING).

Durch die **Antwortmöglichkeiten** präzisiert Bea die Vorstellung von der zielgerichteten Handlung (Gezielte Leistungssteigerung durch Lernen) um die Erkenntnis der Geparde von einer sinnvollen Anpassung, die sich aber bereits in der freien Beantwortung im Zusammenhang der Beschreibung der zielgerichteten Handlung abzeichnet. Dabei nutzt sie anthropomorphe Formulierungen (adaptives Verhalten der Individuen), spricht aber noch nicht von einer Erkenntnis der Geparde. Durch die Antworten wird die zentrale Vorstellung (Zielgerichtetheit der Anpassung) der freien Beantwortung somit nicht modifiziert, die Vorstellung von der Erkenntnis der Geparde über ihre Situation kommt aber deutlicher hervor. Diese Vorstellungsaspekte findet Bea in den **Antworten B und D**, die sie als miteinander vergleichbar beschreibt. In beiden Antworten betont Bea die Erkenntnis einer notwendigen Veränderung als auch die gezielte Anpassung der Geparde an die gegebenen Umstände (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, LEISTUNGSSTEIGERUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Selbst auf Nachfrage kann sie Unterschiede der Antworten lediglich in unterschiedlichen Formulierungen finden.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Obwohl in **Antwort A** die Leistungssteigerung durch häufigen Gebrauch beschrieben wird (vgl. „Gezielte Leistungssteigerung durch Lernen“ in der freien Antwort), lehnt Bea diese Antwort ab, da sie die der Handlung vorausgehende Erkenntnis vermisst, die sie in den **Antworten B und D** hervorhebt (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS). Dass sie jedoch den häufigen Gebrauch (Übung) als Antwortaspekt plausibel findet, zeigt sich darin, dass sie bei der Erklärung der Leistungssteigerung im Zusammenhang der **Antwortoption B** darauf eingeht und diesen Aspekt als sinnvolle Erklärung des Prozesses heranzieht (HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN). Bea kombiniert somit die Anpassungs-Erkenntnis der **Antwort D** mit dem häufigen Gebrauch der **Antwort A** und der Vorstellung eines gezielten Prozesses (**Antwort B**) und generiert so eine für sie sinnvolle Vorstellung. Darin zeigen sich Parallelen zu der bereits in der freien Beantwortung beschriebenen Vorstellung von der Leistungssteigerung durch Lernen und der gezielten Anpassung der Geparde. Im Zusammenhang mit den Antworten kommt die Erkenntnis der Geparde als

Vorstellungsaspekt deutlicher hervor. Anders als in der freien Beantwortung beschreibt Bea den Erwerb der Schnelligkeit der Nachkommen nicht durch Vererbung, sondern durch eigenes Üben (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG). Entsprechend ignoriert sie den Aspekt der Vererbung in Antwort A.

Den Begriff der Vererbung definiert Bea als Vererbung von Merkmalen der Eltern an die Nachkommen (VERERBUNG VON MERKMALEN). Als Beispiel nutzt sie hier die Körpergröße und nicht die Laufgeschwindigkeit. Durch Nachfrage mit Bezugnahme auf die Laufgeschwindigkeit in **Antwort A** verändert Bea ihre Vorstellung bezüglich der Weitergabe der Schnelligkeit erneut (vgl. im Kontext der Antwort A und der freien Beantwortung) und geht dann davon aus, dass die Muskeln vererbt werden, jedoch vom Kind erst noch trainiert werden müssen (VERERBUNG ERWORBENER MUSKELN/ INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG). Dabei ergeben sich abweichende Vorstellungen für die Körpergröße und die Laufgeschwindigkeit. Zudem wird deutlich, dass durch mehrfache Abänderung der Vorstellung zum Erwerb der Schnelligkeit der Nachkommen inkonsistente Vorstellungen bestehen.

In **Antwort C** spricht Bea die zuvor hervorgehobenen finalen und anthropomorphen Aspekte nicht an. Sie unterscheidet zwischen zwei Typen von Geparden, den Schnellen und den Langsamen, die unterschiedlichen Beuteerfolg haben (ZWEI TYPEN). Unpassend für Bea ist die in der Aufgabenstellung beschriebene Schnelligkeit aller Geparde, da sie von einer Merkmalsverteilung von 1:1 ausgeht, bei der Schnelle und Langsame gleichermaßen häufig vorkommen. Eine entsprechende Verteilung setzt sich bei den Nachkommen fort. Unklar ist ihr, wie die Unterschiedlichkeit der Typen in Antwort C mit der einheitlichen Laufgeschwindigkeit im Itemstamm vereinbar sein soll. Die Schnelligkeit führt Bea zum einen auf Vererbung zurück (VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT), kann sich aber auch eigenes Training als leistungssteigernde Maßnahme vorstellen, womit sie Bezug zur **Antwort A** nimmt (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG). Gleichzeitig gibt sie hier wieder eine Kombination der genannten Möglichkeiten des Erwerbs der elterlichen Laufgeschwindigkeit an.

Für die Laufgeschwindigkeit kann zusammengefasst werden, dass Bea dazu je nach Situation unterschiedliche Erklärungen für die Weitergabe hervorbringt. Entweder erlangen die Nachkommen die Schnelligkeit durch Übung, Vererbung oder eine Kombination aus beiden. Offensichtlich stellt sich Bea vor, dass sich die Leistungssteigerung, wie in Antwort A sowohl durch Vererbung als auch eigene Leistungssteigerung bei den Nachkom-

men fortsetzt. Durch den fehlenden Aspekt Erkenntnis lehnt sie diese Antwort jedoch ab. In Antwort B scheinen ihr aber alle wesentlichen Vorstellungsaspekte vereint zu sein, auch wenn diese dort nicht alle explizit angesprochen werden.

### 5.3.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.22: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	final und anthropomorph
Gezielte Leistungssteigerung durch Lernen	Erweiterungen	✓ B +Anpassungs-Erkenntnis +Leistungssteigerung aus Notwendigkeit !Häufiger Gebrauch der Muskeln
Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit	Neuer Aspekt Erweiterung	✓ D +Anpassungs-Erkenntnis +Leistungssteigerung aus Notwendigkeit
Verbesserung durch Training		x A +Häufiger Gebrauch der Muskeln +Individuelle Leistungssteigerung ! Anpassungs-Erkenntnis
Graduelle Anpassung		x C +Zwei Typen +Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit

Beas freie Antwort zeigt Parallelen zu Antwort A. Dennoch lehnt sie diese Antwort ab, da sie in Antwort D plausible Aspekte aufgreift, die ihr dann in der Antwort fehlen. Bea setzt die Antworten B und D gleich und verknüpft diese gemeinsame Vorstellung mit Antwort A, sodass sie letztlich eine aus mehreren Antworten zusammengesetzte Vorstellung am plausibelsten findet (Tabelle 5.22).

### 5.3.3 Interview mit Justus

#### 5.3.3.1 Geordnete Aussagen

##### Itemstamm

##### **Wiedergabe der Inhalte (5-9)**

Früher konnten die Vorfahren von einem Gepard nur 32 km/h erreichen und jetzt bis zu 96 km/h. Und die Frage ist, wie man diese Zunahme der Geschwindigkeit erklären kann.

*Eigentlich war da nichts schwierig zu verstehen. Das war einfach.*

##### **Freie Beantwortung (10-24)**

Das hat was mit dem Skelett der Muskulatur zu tun, dass sich das Skelett verändert hat. Wenn man einen Gepard laufen sieht, bewegt der sich in der Hüfte kaum. Früher hatten die weniger Muskulatur und das Skelett hatte sich auch noch nicht so [weiterentwickelt]. Das verändert sich, weil ihre Beute immer schneller geworden ist und wenn die langsam wären, würden sie dann ihre Beute nicht mehr bekommen und verhungern.

*(Auslöser für das schneller werden?)* Ich weiß es nicht. Der Mensch hat sich auch weiterentwickelt. Das muss sich weiterentwickeln, weil man nicht in der Zeit stehen bleibt.

##### Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

##### **Wiedergabe der Inhalte Antwort A (86-88)**

Bei A würde ich das in meinen Worten so sagen, dass der Gepard dadurch, dass er seine Muskeln nutzen musste und dadurch, dass er immer mehr die Muskeln genutzt hat, alles [weiterentwickelt] hat. Das hat er dann an die Nachkommen vererbt.

##### **Zustimmung Antwort A (75-80, 110-112, 255-265, 268-286)**

A könnte ich mir auch ein bisschen vorstellen. Vielleicht war es so, dass dadurch, dass die immer gejagt haben, weniger Tiere da waren und dann mussten sie ihre Muskeln häufiger nutzen, weil die anderen sich auch [weiterentwickelt] haben. Dadurch, dass bei A weniger Tiere [Beutetiere] da waren oder die Tiere [Räuber] schneller geworden sind, musste ihre Beute auch schneller werden.

A würde ich so erklären: Es gibt weniger, dadurch dass sie immer mehr jagen und die [Beutetiere] sich nicht [weiterentwickeln]. Dann gibt es weniger [Beute] und dann müssen sie öfter jagen und wenn sie öfter jagen, dann werden sich die Muskeln weiterentwickeln. Das ist genauso, als wenn ein Mensch immer mehr läuft.

*In der Antwortmöglichkeit gab es nichts anderes, was wichtig sein könnte, weil dass die das an die Nachkommen vererben, kann ich mir [nicht vorstellen].* Dadurch, dass die mehr Muskelmasse haben, kann vererbt werden, dass die Nachkommen auch schneller die Muskelmasse aufbauen können. Weil die die Muskeln häufiger genutzt haben, wird die Muskelmasse sich auch bei den Nachkommen schneller aufbauen, als bei [ihnen selbst], weil die die Muskelmasse brauchten. Das baut sich immer mehr auf, weil die Jungtiere noch nicht die gleiche Muskelmasse wie die Eltern haben, die sind noch nicht so schnell.

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort B (88-90)**

Bei B waren immer wenige Beutetiere da und damit [die Geparde] jagen konnten, mussten sie schneller werden.

#### **Zustimmung Antwort B (80-84, 107-109, 203-216, 224-229)**

B könnte ich mir auch sehr gut vorstellen, weil wenn sie mehr Beutetiere brauchen, dann merkt der Körper das und entwickelt sich weiter. Das ist genauso, als wenn man ein paar Tage in Dunkelheit lebt, dann gewöhnen sich die Augen [daran]. Wenn die mehr Beutetiere brauchen, wird sich der Körper auch daran gewöhnen und dann wird sich das alles weiter entwickeln.

B ist eigentlich ganz in Ordnung, weil wenn ihre Beute immer weniger oder schneller wird, dann müssen sich die Geparde [weiterentwickeln], damit sie [ihre Beute] bekommen.

B passt ganz gut, weil sich die Geparde anpassen müssen. Das ist notwendig zum Überleben, weil sie sonst durch Verhungern sterben würden.

*(Und wie passen die sich an?)* Das Skelett hat sich [weiterentwickelt] und die Muskeln haben sich verändert und sind stärker geworden. *Ich denke, dass die sich verändern kommt dadurch,* dass das genetisch verändert wird. Das ist auch bei den Menschen so, wenn die die Muskeln trainieren und immer wieder ein bisschen versuchen schneller zu laufen, dann wird die Muskelmasse mehr und irgendwann bleibt das dann so. Dann wer-

den die Nachkommen direkt die gleiche Muskelmasse haben. Das hat sich immer leicht gesteigert.

*Ich denke eine genetische Veränderung passiert auch dadurch, dass sie sich, wenn sie ihre Beute nicht mehr kriegen, etwas verändern müssen. Dann wird sich das genetisch verändern, weil der ganze Körper merkt, ich brauche das, sonst sterbe ich. Und dann müssten sich die Gene verändern, damit man sich weiter entwickelt und die Beutetiere fängt.*

### **Vergleich Antwort B und D (230-237)**

*(Der Körper, der hat Einfluss, wenn der das merkt, aber die Geparde selber, so wie du das bei D gesagt hast, können das nicht?) Ich denke nicht, dass die Geparde sich selber denken, „meine Beute ist schneller, da muss ich auch schneller laufen“. Das kommt nach und nach. Wenn die Beutetiere schneller werden, müssen die Geparde auch schneller werden. Das wird sich dann alles mit der Zeit genetisch verändern. Der Körper merkt das und ändert das.*

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort D (93-94)**

Und bei D ist es so, dass die Geparden von sich aus merkten, wenn wir was fangen möchten, dann müssen wir schneller laufen, sonst kriegen wir das nicht mehr.

#### **Ablehnung Antwort D (71-72, 97-101, 168-173, 175-193, 198-201)**

D würde ich ganz ausschließen, weil das für mich sehr unwahrscheinlich ist, dass die einfach nur schnell laufen müssen, wenn sie es erkennen. Ein Gepard, der denkt sich nicht, um meine Beute fangen zu können, muss ich schneller laufen. Das ist unlogisch, weil er dann auch schon von Anfang (Beginn des Jagdvorgangs) an schneller gelaufen wäre. Wenn sie volles Tempo laufen, kriegen sie ihre Beute schneller, müssen nicht so lange laufen und haben auch nicht das Risiko, dass [die Beute] noch abhauen kann.

Die müssen sich schon verändert haben. Die können aber nicht sagen, „die Beute ist schneller geworden, jetzt muss ich auch schneller laufen“.

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort C (90-93)**

Bei C ist das so, dass andere schneller waren, als die einen und deshalb auch genug Beutetiere jagen konnten. Deshalb konnten sie sich auch besser vermehren, [auch] weil sie stärker waren als die anderen, dadurch, dass sie mehr fressen konnten.

**Ablehnung Antwort C (72-75, 95-101, 242-254)**

Dass einige schneller waren, kann ich mir auch nicht vorstellen, weil die Geparde in der Zeit immer alle gleich schnell waren. Es gab vielleicht einen kleinen Unterschied, aber keinen großen. Sie waren Einzelgänger und [deshalb] waren nicht einige schneller als die anderen und konnten mehr fressen. Die sind alle ziemlich gleich. Vielleicht läuft einer 94 km/h und der andere 102 km/h, aber es gibt nicht so extreme Unterschiede, sodass der eine kaum Beute jagen kann. Die Geparde sind schneller als die Beute und deshalb können sie die schneller fangen. [Aber] es ist nicht so, dass die, die schneller sind, dadurch mehr Beute kriegen.

Der zweite Satz, „dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere“, *ist noch etwas anderes, was ich in der Antwort berücksichtigt habe*, hat [aber] nichts mit der Zunahme der Laufgeschwindigkeit zu tun. Da steht [auch], sie waren schneller als die anderen. Das hat nichts damit zu tun, dass die Geschwindigkeit zugenommen hat.

Wortverständnis**Vererben (287-289)**

*Vererben bedeutet*, dass die Jungen genau die gleichen Gene bekommen haben und dass sich das alles schneller aufbaut.

**Gene (290-304)**

*(Könntest du erklären, was Gene sind?)* Jeder Mensch hat seine ganz persönlichen Gene. Die beschreiben, wie er selber ist und wie z.B. sein ganzer Körper aufgebaut ist. Sie werden teilweise auch vererbt, aber nicht vollständig, weil ein Kind nicht genau gleich ist, wie die Mutter. Deshalb werden nicht alle Gene vererbt, die Gene werden von den Eltern teilweise vererbt.

*(Und wie kommt das dann, dass die sich unterscheiden in einigen Aspekten?)* Weil das Kind Gene vom Vater und von der Mutter hat und dann ist es auch ein bisschen anders und entwickelt auch selber eigene Gene.

**5.3.3.2 Explikation****Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Justus nutzt für seine Erklärung der Veränderung der Laufgeschwindigkeit durchgängig finale Vorstellungen und geht dabei von einem absichtsvollen und gezielten Prozess aus.



In der **freien Beantwortung** ereignen sich die gezielten Veränderungen aus der Notwendigkeit heraus, dass sich die Geparde an eine gesteigerte Laufgeschwindigkeit der Beute anpassen müssen (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT, ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE). Die Veränderung der Laufgeschwindigkeit im Zusammenhang mit der Beute ist in fast allen Antwortoptionen enthalten, so dass Justus seine Vorstellung daran anknüpfen kann. Entsprechend ist der Bezug zum Beuteerfolg bei Justus in allen Antworten zentral. Die Veränderung beschreibt Justus zudem durchgängig als notwendige „Fortentwicklung“ im Sinne einer Weiterentwicklung (LEISTUNGSSTEIGERUNG ALS WEITERENTWICKLUNG). Durch die Antwortmöglichkeiten wird Justus' Vorstellung erweitert und es kommen neue Aspekte hinzu. Für einzelne Aspekte ergeben sich aber auch Parallelen zur offenen Beantwortung.

Im Kontext mit **Antwort A** bringt Justus die in der freien Beantwortung beschriebene Vorstellung der Anpassung an die Beute erneut ein (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE). Dabei beschreibt er die Populationsabnahme der Beute, bzw. deren Schnelligkeitszunahme als Auslöser der Veränderung bei den Geparden. Für die genauere Erklärung des Prozesses der Anpassung der Geparde greift Justus den Aspekt „HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN“ aus den Antwortinhalten auf. Auf die Vererbung geht Justus in seiner Beschreibung zunächst nicht ein. Später schwankt er zwischen Ablehnung und Zustimmung zum Vererbungsaspekt, wobei die Zustimmung letztlich überwiegt. Vererbt wird dabei aus Justus Perspektive der „schnellere Aufbau“ der Muskeln (VERERBUNG DES POTENTIALS). Dieser wird zudem dadurch hervorgerufen, dass die Geparde die Muskelmasse „brauchen“ (277) (VERERBUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Die bei Justus zentrale Anpassungs-Notwendigkeit hat damit auch generationenübergreifende Konsequenzen.

In **Antwort B** steht für Justus wieder die Anpassungs-Notwendigkeit durch die Wechselwirkungen zwischen Geparden und Beutetieren im Vordergrund (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE). Die Anpassung an die Laufgeschwindigkeit der Beute passiert dadurch, dass der Körper merkt, dass eine Anpassung notwendig ist und sich anpasst (ERKENNTNIS DES KÖRPERS, KÖRPER MACHT ANPASSUNG). Den Prozess der körperlichen Anpassung vergleicht er mit der Gewöhnung an geringe Lichtintensitäten. Für die Beschreibung der Veränderung nutzt er das Konzept des häufigen Gebrauchs aus Antwort A bzw. das Trainieren der Muskeln, das ihm aus dem menschlichen Kontext bekannt ist (HÄUFIGER GEBRAUCH ALS TRAINING). Der gesteigerte Leistungsgrad

„bleibt dann irgendwann so“ (215), ein Zustand den Justus als genetische Veränderung erklärt (ÜBERTRAGUNG IN DIE GENE). Die erworbenen und genetisch verankerten Merkmale können dann nach Justus' Meinung vererbt werden (VERERBUNG GENETISCHER EIGENSCHAFTEN). Darin zeigen sich Abweichungen zu der beschriebenen Vererbung des schnelleren Aufbaus (erworbene Eigenschaften) im Kontext der Antwort A. Gene sind für Justus dabei direkt mit Merkmalen verbunden (GENOTYP ENTSPRICHT PHÄNOTYP). Bei optischen Abweichungen zwischen Kind und Eltern geht er von individuellen Genen aus, die nicht vererbt worden sind. Letztlich ergibt sich aus seiner Beschreibung der Vererbung die Vorstellung von einer Weitergabe von Merkmalen, bzw. der Vorstellung von Vererbung als Weitergabe (VERERBUNG ALS WEITERGABE). Durch Antwort B erweitert Justus seine Vorstellung vom gezielten Anpassungsprozess um den Einfluss des Körpers (Erkenntnis des Körpers und Körper als Akteur) und die genetische Ebene. Während er die Zielgerichtetheit und den häufigen Gebrauch als Vorstellungsaspekte beibehält, modifiziert Justus die Vorstellung von der Vererbung erneut (vgl. Antwort A).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die Fähigkeit zur Erkenntnis der Geparde in **Antwort D** lehnt Justus ab (~~ANPASSUNGS-ERKENNTNIS~~). Stattdessen erscheint es ihm sinnvoller, dass der Körper merkt, dass eine Veränderung notwendig ist und sich genetisch verändert (ERKENNTNIS DES KÖRPERS, ERKENNTNISINDUZIERTE GENETISCHE UMSTELLUNG, vgl. Baalman et al. 2004) (Bezug Antwort B). Der im Kontext von Antwort B selbst eingebrachte genetische Aspekt, wird an dieser Stelle somit beibehalten. Justus lehnt zudem ab, dass die Geparde einfach schneller laufen müssen, wenn sie erkennen, dass es nötig ist (~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~). Offensichtlich interpretiert er die Antwort so, dass die prozessartige Veränderung der Eigenschaften wegfällt, wie er das in den anderen Antwortmöglichkeiten findet und die höhere Geschwindigkeit spontan erreichbar ist. Darin zeigen sich Unterschiede zu den Erklärungen der Leistungssteigerungen in den **Antworten A und B**, in denen er eine prozessartige Veränderung beschrieben hat. Die Auffassung zu Antwort D steht auch im Widerspruch mit der mehrfach genannten Notwendigkeit der Weiterentwicklung, die an eine prozessartige Veränderung der Eigenschaften gebunden ist. Die Zentralität der gezielten Anpassung aus Notwendigkeit ist in Justus' Fall somit nicht verbunden mit der Erkenntnis und bewussten Veränderung der Geparde selbst.

**Antwort C** lehnt Justus primär ab, weil er sich vorstellt, dass die Geparde alle gleich sind und keine wesentlichen Unterschiede in der Geschwindigkeit aufweisen (EIN TYPUS). Entsprechend bekommen einige Geparde dann auch nicht mehr Beute als andere. Das führt er darauf zurück, dass die Geparde seiner Kenntnis nach Einzelgänger sind und sich nicht in die Quere kommen (KONKURRENZLOSE EINZELGÄNGER). Konkurrenz ist für Justus somit ein direkter Konflikt, der in diesem Kontext aus seiner Sicht aber nicht gegeben ist (Konkurrenzkampf). Vorteile und Nachteile Einzelner fallen somit auch weg.

Des Weiteren steht Justus der besseren Vermehrung einiger Geparde auf Grund höherer Schnelligkeit ablehnend gegenüber, erklärt seine Ablehnung aber nicht genauer (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHNELLIGKEIT~~). In Bezug auf die Fragestellung hebt Justus nochmal hervor, dass die überlegene Schnelligkeit einiger Geparde nicht der Grund für die Zunahme der Laufgeschwindigkeit der Geparde sein kann. Im Kontext dieser Antwortmöglichkeit wird zudem deutlich, dass Justus von einer einheitlichen (typologischen) Anpassung der Geparde ausgeht, die er durchgängig in allen Aussagen beschreibt, ohne bewusst darauf einzugehen.

### 5.3.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.23: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	gezielte Veränderungen (final)
Anpassung aus Notwendigkeit	Beibehaltung Neuer Aspekt Erweiterung	✓ A +Anpassung wegen schnellerer Beute +Häufiger Gebrauch der Muskeln +Vererbung aus Notwendigkeit +Vererbung des Potentials
	Beibehaltung Neue Aspekte	✓ B +Anpassung wegen schnellerer Beute +Häufiger Gebrauch als Training +Erkenntnis des Körpers +Körper macht Anpassung +Übertragung in die Gene +Vererbung genetischer Eigenschaften +Genotyp entspricht Phänotyp
Anpassung wegen schnellerer Beute		x C +Ein Typus +Konkurrenzlose Einzelgänger -Bessere Vermehrung durch Schnelligkeit
Leistungssteigerung als Weiterentwicklung		x D -Anpassungs-Erkenntnis +Erkenntnis des Körpers -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Erkenntnisinduzierte genetische Umstellung
	antwortübergreifend	Vererbung als Weitergabe

Justus' freie Antwort enthält überwiegend finale Vorstellungsaspekte, die mit Antwort B zusammenpassen. Zusätzlich zu dieser Antwort entscheidet er sich aber auch für Antwort A, die neue Aspekte enthält. Justus verknüpft die Antworten A und B miteinander und generiert daraus eine für ihn sinnvolle Vorstellung (Tabelle 5.23).

## 5.3.4 Interview mit Felix

### 5.3.4.1 Geordnete Aussagen

#### Itemstamm

#### **Wiedergabe der Inhalte** (4-10, 12-13)

Geparden laufen heute 96 km/h, wenn sie ihre Beute jagen. Früher waren das aber nur 32 km/h. Es wird danach gefragt, wie sich die Zunahme der Laufgeschwindigkeit erklären lässt.

Verständnisschwierigkeiten. Die Wörter kenne ich alle. Ich verstehe nur die Frage nicht. Wie lässt sich die Zunahme der Laufgeschwindigkeit erklären. Wie soll man das denn rausfinden? Ich weiß nicht, wie das kommt.

#### **Freie Beantwortung** (10-11, 14-25)

Vielleicht [ist das so], dass Geparden sich muskulös oder körperlich weiter entwickelt haben. Der Körperbau hat sich irgendwie verändert. Ich weiß nur, dass die sich vielleicht körperlich verändert haben. Im Laufe der Zeit verändern sich viele Tiere von alleine. Nicht von alleine, aber ich weiß nicht, was das für einen Grund haben könnte.

#### Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort A** (86-87)

In der Antwort A steht, dass Geparde ihre Muskeln mehr benutzt haben und dadurch von Zeit zu Zeit schneller wurden.

#### **Zustimmung Antwort A** (96-106, 183-191)

Das was ich vorhin gesagt habe, würde ein bisschen zu A passen, die Geparde nutzen ihre Muskeln häufiger. Wobei ich das schon eigentlich verständlicher finde, dass die Geparde ihre Muskeln häufiger nutzen. Das ist das Wesentliche. Dass die Nachkommen das noch vererbten, ist auch noch [enthalten]. Die Nachkommen erben dann die Muskelschnelligkeit. Das ist eigentlich nicht so wirklich wichtig, weil die ihre Muskeln selber häufig nutzen. Wenn ich eine auswählen müsste, würde ich Antwort A nehmen.

**Wiedergabe der Inhalte Antwort B (87-88)**

In der Antwort B sind die Geparde schneller geworden, weil es für das Jagen notwendig war.

**Zustimmung Antwort B (108-109, 119-123, 203-209, 213-215)**

In B finde ich verständlich, dass die mehr Muskeln aufbauen und deswegen schneller werden. B finde ich auch gar nicht so schlecht, weil es sein kann, dass andere Tiere auch schneller geworden sind und die Geparde dann schneller werden mussten, um die [Beute] zu fangen, weil die auch Hunger haben und dann sind die vielleicht schneller geworden.

Die [Geparde in B] werden schneller, weil die auch wieder die Muskeln mehr nutzen, weil die schneller laufen und sich mehr anstrengen, um die Beute zu bekommen.

Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**Wiedergabe der Inhalte Antwort D (90-91)**

Und auch in D steht, dass die Geparde erkannt haben, dass sie schneller laufen mussten um ihre Beute zu fangen.

**Ablehnung Antwort D (110-112)**

Die [Geparde] haben kein tolles Gehirn, deswegen ist A schon relativ gut. D [nehme ich] auf gar keinen Fall.

**Wiedergabe der Inhalte Antwort C (88-90)**

In C waren einige Geparde schneller und haben mehr Beute gefangen und haben sich besser vermehrt, dadurch dass sie Beute gefangen haben.

**Ablehnung Antwort C (113-117, 237-255)**

C [nehme ich] eher auch nicht, weil der ein oder andere Gepard [zwar] schneller ist, aber wenn man mehr Beute fängt, vermehrt man sich nicht besser oder man kann sich dann trotzdem vermehren. Ich finde A, B und D passen relativ gut zusammen. In C waren einige Geparde schneller. Nicht alle [waren schneller], aber ich weiß auch nicht, warum einige schneller waren. Das steht da auch nicht drin. Das ist die Frage, warum waren einige Geparde schneller und haben mehr Beute gefangen. Es können natürlich die ein oder anderen schneller sein. *Dass einige schneller sind*, das könnte von den Genen kommen. Die einen sind muskulöser, die anderen sind schneller.

### **Übergreifender Vergleich der Antworten A, B und D (207, 215-231)**

Ich finde A und B passen irgendwie zusammen.

*(Und merken die Geparde das dann, dass die schneller werden müssen oder wie kommt das, dass die dann die Muskeln mehr nutzen in A?)* Wenn sie Hunger haben, müssen sie natürlich jagen gehen und wenn sie dann merken, dass die Beute (z.B. Rehe) schneller ist, müssen die auch schneller werden und dann laufen die schneller oder mehr. Dadurch werden sie schneller, weil sie mehr Muskeln aufbauen.

D kann nicht sein, das passt auch wieder mit B zusammen, weil sie erkannt haben, nicht direkt erkannt, dass sie schneller laufen müssen, um an ihre Beute zu kommen. Das passt dazu, weil es für das Jagen von solchen Beutetieren notwendig war. Deswegen passen die (A und B) wieder zusammen und die (B und D) beiden passen genauso zusammen. Irgendwie finde ich, die passen alle ein bisschen zusammen.

#### Wortverständnis

#### **Vererben (192-200)**

*(Wie könnte das hier gemeint sein mit dem Vererben?)* Wenn z.B. ein extrem muskulöser oder schneller Gepard an seine Nachkommen die Schnelligkeit vererbt, ist der Nachkomme auch so schnell. *(Kennst du das Wort vererben?)* Ja, ich nenne jetzt mal ein Beispiel: Wenn mein Vater am Arm ein Muttermal hat und ich das dann auch habe, habe ich sein Muttermal vererbt, ich erbe quasi von ihm entweder Schnelligkeit, Kraft oder irgendwas im Körper, Nase, Gesicht oder was weiß ich.

#### **Nachkommen (201-202)**

*Nachkommen* sind quasi die Söhne und Kinder.

### **5.3.4.2 Explikation**

#### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Bei Felix tritt hervor, dass er an die Beantwortung der Aufgabe und auch im Hinblick auf einzelne Antworten über eine kontextbezogene Wissenssebene herantritt (Wissen über den Kontext). Er geht dabei nicht von allgemeinen zu Grunde liegenden Prinzipien aus, die sich nicht nur auf eine Tierart beziehen, sondern meint, dass man wissen müsste, wie das bei den Geparden ist. Entsprechend sucht er zunächst nicht nach einer plausiblen allgemeinen Erklärung. Auch bei Antwort C tritt diese Herangehensweise wieder auf.

Dann versucht sich Felix jedoch an einer möglichen Erklärung. Er geht von körperlichen Veränderungen aus, die sich im Laufe der Zeit bei vielen Tieren ereignen (NATÜRLICHE VERÄNDERUNG IN DER ZEIT). Während er in der **freien Beantwortung** unschlüssig ist, worauf dies zurückzuführen ist, findet er in den Antwortmöglichkeiten plausible Erklärungsansätze mit denen er die körperliche Veränderung begründen kann. Durch die Antwortmöglichkeiten kann Felix somit seine Vorstellung genauer beschreiben und erweitern, ohne dass sich Widersprüche zur freien Antwort ergeben.

Eine entsprechende Übereinstimmung sieht er in **Antwort A**. Den häufigen Gebrauch der Muskeln verknüpft er dabei mit der Veränderung im Laufe der Zeit, vergleichbar mit der Vorstellung aus der freien Beantwortung (HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN, NATÜRLICHE VERÄNDERUNG IN DER ZEIT). In dem Aspekt der Vererbung, der ebenfalls Teil der Antwort ist, sieht er keine Notwendigkeit, da durch den eigenen Gebrauch der Muskeln jedes Individuum selbst die Leistungssteigerung erreicht (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG, ~~VERERBUNG AUS NOTWENDIGKEIT~~, Zustimmen von Antwortaspekten). Vererbung beschreibt Felix als Vererbung von Eigenschaften bzw. Merkmalen. Darin zeigt sich die Vorstellung einer Vererbung als Weitergabe, da er übereinstimmende optische Merkmale oder Fähigkeiten bei Eltern und Nachkommen in den Vordergrund rückt (VERERBUNG ALS WEITERGABE).

Dass Felix den häufigen Gebrauch als plausible Erklärung für die Leistungssteigerung versteht, zeigt sich auch darin, dass er diesen in der Zustimmung der **Antwort B** als Prozessbeschreibung ergänzend heranzieht (HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN). Da er den finalen Aspekt der Antwort (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT) hervorhebt und mit dem häufigen Gebrauch verbindet, erscheinen die beiden Vorstellungen für ihn logisch vereinbar. Mit der Zielgerichtetheit der Antwort B erweitert Felix seine Vorstellung um einen neuen wesentlichen Aspekt, den er in seiner freien Antwort nicht genannt hat. Er stellt sich dabei vor, dass durch Geschwindigkeitszunahme der Beute, die Geparde auch an Schnelligkeit zugenommen haben (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE). Die in Antwort B aufgegriffene Zielgerichtetheit der Veränderung wird dadurch auf einen konkreten Auslöser zurückgeführt.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort D** lehnt Felix zunächst ab, da er den Geparden mangelnde kognitive Fähigkeiten zuspricht, sodass sie sich ihrer Situation nicht bewusst sein können (~~ANPASSUNGS-~~



ERKENNTNIS). Aus Felix‘ Perspektive lassen sich die **Antworten A, B und D** sinnvoll miteinander verbinden. Dabei integriert Felix auch die Erkenntnis aus Antwort D als Ausgangssituation der Veränderung, die er zuvor abgelehnt hat. Dennoch behält er eine kritische Sicht auf die Fähigkeit der Erkenntnis bei. Er kann die Unsicherheit mit der Vorstellung und gleichzeitige Integration in die Antwortverknüpfung aber nicht genauer begründen.

Eine unabhängige Bewertung nimmt Felix für **Antwort C** vor. Nicht sinnvoll erscheint ihm die „bessere Vermehrung durch Schnelligkeit“ (~~BEUTEERFOLG FÜHRT ZU BESSERER VERMEHRUNG~~). Der Grund der Schnelligkeit einiger Geparde wird vergleichbar mit der freien Beantwortung erneut als abhängig vom Wissen und nicht als verallgemein-erbares Prinzip verstanden (Wissen über den Kontext). Im Vergleich zu den anderen Antwortoptionen schließt Peter Antwort D somit völlig aus.

### 5.3.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.24: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
<u>Wissen über den Kontext</u>  Natürliche Veränderung in der Zeit	zentraler Aspekt	Wissen über den Kontext
	Übereinstimmung Neue Aspekte	✓ A +Natürliche Veränderung in der Zeit +Häufiger Gebrauch der Muskeln +Individuelle Leistungssteigerung -Vererbung aus Notwendigkeit
	<u>Zustimmen von Antwortaspekten</u> Neue Aspekte	✓ B +Häufiger Gebrauch der Muskeln +Anpassung aus Notwendigkeit +Anpassung wegen schnellerer Beute
		x D -Anpassungs-Erkenntnis
		x C -Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung (Grund der Schnelligkeit)
	<u>Wissen über den Kontext</u>	
	antwortübergreifend	Vererbung als Weitergabe

Für Felix‘ freie Antwort gibt es keine passende Antwortoption, er kann diese jedoch mit Antwort A vereinen und stimmt auch den neuen Aspekten dieser Antwort zu. Felix verknüpft die Antworten A, B und D miteinander (Tabelle 5.24).

## 5.3.5 Interview mit Eva

### 5.3.5.1 Geordnete Aussagen

#### Itemstamm

#### **Wiedergabe der Inhalte** (2-5, 6-7)

Früher konnten die Geparde eher weniger, also 32 km/h, laufen, wenn sie ihre Beute gejagt haben und jetzt können sie 96 km/h laufen. [Und die Frage ist], wie sich die Zunahme der Laufgeschwindigkeit erklären lässt.

Ich fand nichts schwer zu verstehen.

#### **Freie Beantwortung** (8-22)

Wir Menschen entwickeln uns auch weiter. Früher hatten wir auch nur Kutschen mit Pferden und inzwischen haben wir Autos. Mit der Zeit weiß man, wie man das alles machen muss.

*Ich kann mir nicht vorstellen, was der Auslöser dafür ist, dass die schneller werden. Das ist ein bisschen abwegig, aber man könnte dann mit den Augen besser sehen, sieht dadurch die Beute schneller und rennt schneller. Die könnten dann besser sehen, weil sich das alles durch die Natur weiter entwickelt hat.*

#### Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

#### **Wiedergabe der Inhalte Antwort A** (109-110)

In A benutzen die ihre [Muskeln] häufiger und trainierten sozusagen. Dadurch wurden sie schneller und gaben das weiter. Dann haben die Kinder das geerbt.

#### **Zustimmung Antwort A** (105-107, 185-192, 200-202)

A finde ich eigentlich auch ganz logisch. Wenn wir trainieren, dann werden unsere Muskeln auch stärker und dadurch können wir dann schneller oder besser irgendetwas machen.

*Etwas anderes wichtiges in der Antwort wäre vielleicht, dass man es häufiger tut. Das ist sozusagen das Gleiche, wie das Trainieren.*

*Ich kann mir das vorstellen, dass die das dann, wenn sie schneller sind, an ihre Nachkommen vererben.*

### **Wiedergabe der Inhalte Antwort C (112-113, 236-239)**

In C haben Schnellere viel Beute gefangen und waren dadurch dann auch sehr stark (haben den anderen die Beute weggeschnappt), haben viel gegessen und dadurch konnten sie sich dann besser vermehren.

### **Zustimmung Antwort C (95-100, 230, 233-245)**

C finde ich eigentlich ganz gut, weil wenn man sich gut ernährt, dann wären auch die Kinder, die Nachkommen, gesund und können sich gut weiterentwickeln und wenn dann eine Krankheit da ist und man nicht so gut isst, dann ist es auch viel wahrscheinlicher, dass die Kinder nicht gut essen können.

*C kann ich mir eher nicht vorstellen, weil es egal ist, wie groß, wie dick, wie schlank (und wie schnell) man ist, jeder kann sich weiter entwickeln und jeder könnte viele Kinder bekommen. Das liegt nicht daran, wie viel man isst.*

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

### **Wiedergabe der Inhalte Antwort D (114)**

In D haben die erkannt, dass sie schneller laufen müssen, um Beute zu fangen.

### **Ablehnung Antwort D (88-93)**

Die Antwort D schließe ich irgendwie aus. Auch wenn ich erkennen würde, dass ich nicht so schnell laufen könnte und müsste das aber, könnte ich es trotzdem nicht. Jeder hat eine Höchstgeschwindigkeit und selbst wenn man dann erkennt, wie schnell man eigentlich laufen müsste, könnte man es nicht unbedingt. Man kann nur dran arbeiten.

### **Wiedergabe der Inhalte Antwort B (110-112)**

Bei B haben die erkannt, dass man, wenn man viel Beute haben will, auch schneller laufen muss.

### **Ablehnung Antwort B und D (Vergleich A, B und D) (101-105, 207-229)**

B ist eigentlich das Gleiche wie D, weil die da auch erkannt haben, dass sie schneller laufen müssen, um mehr (genügend) Beute zu bekommen.

*Unterschiedlich ist, dass die Formulierung anders ist. Ich könnte mir vorstellen, dass da auch von der Bedeutung her ein Unterschied ist, aber ich finde ihn nicht.*

*(Kannst du erklären, warum das nicht sein kann, dass die das erkennen und dann verändert sich etwas?)* Wenn man es üben würde, dann würde es schneller gehen. Dann kann man schneller laufen, aber dann ist es auch wieder das Gleiche wie A. Das ist jetzt doof.

*Das meine ich so:* Bei A habe ich gesagt, wenn die trainieren und das häufig machen, dann werden die dadurch schneller. Und wenn die das erkannt haben, dann würden die üben und wären dann auch schneller. Ich glaube schon, *dass die das erkennen und dann üben die mehr und werden schneller.* Tiere sind ja schlau?

### Wortverständnis

#### **Vererben (193-199)**

*(Was bedeutet vererben in der Antwort?)* Wenn z.B. jemand etwas korpulenter ist dann werden die Kinder meistens auch ein bisschen korpulenter geboren, weil das in den Genen liegt und wenn man gut gebaut ist, gibt man das auch weiter. Das liegt dann auch in den Genen. Man wird dann zwar nicht direkt so stark geboren, aber das wird sich dann mit der Zeit entwickeln.

#### **Nachkommen (205-206)**

*Nachkommen* sind Kinder.

### **5.3.5.2 Explikation**

#### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Bei Eva ist die Vorstellung einer Weiterentwicklung zentral.

Den Aspekt der Weiterentwicklung begründet sie in der **freien Beantwortung** mit einem lebensweltlichen Kontext. Eva erklärt, dass auch Menschen sich weiterentwickelt haben. Als Beispiel dafür nennt sie die verbesserte Mobilität der Menschen (von der Kutsche zum Auto). In Bezug auf die Geparde nennt sie eine verbesserte Sehfähigkeit, durch welche die Geparde die Beute besser sehen können. Die Weiterentwicklung wird somit gleichzeitig mit einer Verbesserung, bzw. Veränderung durch Vorteile verbunden (WEITERENTWICKLUNG ALS VERBESSERUNG). Den Aspekt der Weiterentwicklung im positiven Sinne kann Eva in den Antwortmöglichkeiten wiederfinden. Im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten greift Eva vor allem die „Weiterentwicklung“ durch häufigen

Gebrauch auf (Antwort A) und überträgt diese Vorstellung auch auf andere Antwortmöglichkeiten. Durch die starke Gewichtung dieser Vorstellung lehnt sie teilweise Antwortaspekte anderer Antwortoptionen ab, die sich mit dieser Vorstellung nicht vereinen lassen.

In **Antwort A** führt Eva die Plausibilität der Leistungszunahme durch häufigen Gebrauch auf den menschlichen Kontext zurück. Das Trainieren führt zur Leistungsverbesserung, wobei der Aspekt der Verbesserung erneut hervortritt und durch den neuen Aspekt ergänzt wird (vgl. freie Antwort) (HÄUFIGER GEBRAUCH ALS TRAINING, VERBESSERUNG DURCH TRAINING). In weiteren Aussagen zu dieser Antwortoption geht sie jedoch nur auf den häufigen Gebrauch der Muskeln ein, die Vererbung der erworbenen Eigenschaften scheinen nicht ausschlaggebend für ihre Ansicht zu sein (Unwesentlicher Aspekt), sie lehnt diesen Aspekt auf Nachfrage aber auch nicht ab.

Unter Vererbung versteht Eva die Weitergabe von Merkmalen oder Genen. Merkmale liegen dabei in den Genen. Eine genauere Abgrenzung der beiden Begriffe oder eine genauere Lokalisation der Merkmale in den Genen macht sie nicht. Sie erwähnt an dieser Stelle zudem die ontogenetische Entwicklung der geerbten Merkmale der Eltern, die sich im Laufe der Entwicklung beim Individuum verändern (ONTOGENETISCH BEDINGTE VERÄNDERUNGEN). Insgesamt zeichnet sich auch bei Eva die Vorstellung einer Vererbung als Weitergabe ab (VERERBUNG ALS WEITERGABE).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die **Antworten B und D** versteht Eva als inhaltlich übereinstimmend. Nicht die Anpassungs-Erkenntnis ist für Eva das zentrale Konzept, sondern die eigenständige Veränderung der Geparde (~~ADAPTIERENDE INDIVIDUEN~~), die sie gleichermaßen den Antworten entnimmt. Eva lehnt dabei ab, dass allein durch Erkenntnis einer sinnvollen Veränderung eine solche Veränderung möglich wäre (~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~). Alternativ schlägt Eva eine für sie plausible Verknüpfung des häufigen Gebrauchs aus Antwort A (Übung) und der vorausgehenden Erkenntnis vor (HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN). Gleichzeitig erweitert sie dadurch auch die zuvor für sie zutreffende Vorstellung des häufigen Gebrauchs durch Erkenntnis. Eva fasst somit die Antworten A, B und D durch die Verbindung der Aspekte „Erkenntnis“ und „häufiger Gebrauch“ zusammen. Die Leistungssteigerung durch Übung ist als eigenständige Veränderung für Eva somit

vorstellbar, während sie die eigenständige Veränderung in den Antworten B und D ablehnt.

Eva spricht in der Wiedergabe der Antwortinhalte von **Antwort C** die unterschiedliche Schnelligkeit an, die zu unterschiedlichem Beuteerfolg führt. Schließlich erwähnt sie auch die „besseren“ Vermehrungsbedingungen durch „besseren“ Nahrungszugang. Den Zusammenhang von „besserer“ Ernährung und Fortpflanzungsvorteilen beschreibt sie als zutreffend, werden qualitative Aspekte in den Vordergrund gerückt, als nicht stimmig wenn es um quantitative Aspekte der Fortpflanzung geht. Plausibel erscheint ihr dabei, dass die Kinder von Individuen, die „sich gut ernähren“, gesund sind und sich gut entwickeln können (97-98) (GESÜNDERE NACHKOMMEN DURCH BEUTEERFOLG). Die eigene Ernährung wirkt sich ihrer Meinung nach aber nicht auf die Anzahl der Nachkommen aus (~~BEUTEERFOLG FÜHRT ZU BESSERER VERMEHRUNG~~). Sie greift dabei zurück auf lebensweltliche Bezüge: „...es ist egal, wie groß, wie dick, wie schlank man ist.“ (243) (~~VERMEHRUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER KÖRPERPROPORTIONEN~~). Dabei bezieht sich Eva auf körperliche Proportionen und stellt diese in einen Zusammenhang mit der Vermehrung.

### 5.3.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.25: Konzepte zur Geparden-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte												
Weiterentwicklung als Verbesserung	zentraler Aspekt	Weiterentwicklung												
	Neuer Aspekt Erweiterung <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">✓</td> <td>A</td> <td>+Häufiger Gebrauch als Training +Verbesserung durch Training (Vererbung)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">x</td> <td>B</td> <td>-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">x</td> <td>D</td> <td>-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">x</td> <td>C</td> <td>+Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg -Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung -Vermehrung in Abhängigkeit der Körperproportionen</td> </tr> </table>	✓	A	+Häufiger Gebrauch als Training +Verbesserung durch Training (Vererbung)	x	B	-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln	x	D	-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln	x	C	+Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg -Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung -Vermehrung in Abhängigkeit der Körperproportionen
	✓	A	+Häufiger Gebrauch als Training +Verbesserung durch Training (Vererbung)											
	x	B	-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln											
	x	D	-Adaptierende Individuen -Angepasstheit durch Erkenntnis ! Häufiger Gebrauch der Muskeln											
x	C	+Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg -Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung -Vermehrung in Abhängigkeit der Körperproportionen												
antwortübergreifend	Ontogenetisch bedingte Veränderungen Vererbung als Weitergabe													

Für Beas frei geäußerte Vorstellung gibt es keine bestimmte Antwortoption, tendenziell könnte sie aber Antwort B zugeordnet werden. Sie entscheidet sich jedoch für die neu hinzukommenden Aspekte in Antwort A. Eva setzt die Antworten B und D gleich und verknüpft diese gemeinsame Vorstellung mit Antwort A. Entsprechend kann generiert Eva eine plausible Vorstellung aus mehreren Antwortinhalten.

### 5.3.5.4 Vergleich der Konzepte zur Geparden-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.26: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Geparden-Aufgabe (Anpassung von Eigenschaften).

	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>A</b>	+Häufiger Gebrauch als Training +Individuelle Leistungssteigerung +Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit	+Häufiger Gebrauch der Muskeln +Individuelle Leistungssteigerung +Vererbung erworbener Muskeln ! Anpassungs-Erkenntnis	+Häufiger Gebrauch der Muskeln  +Vererbung aus Notwendigkeit +Vererbung des Potentials  +Anpassung wegen schnellerer Beute	+Häufiger Gebrauch der Muskeln +Individuelle Leistungssteigerung  -Vererbung aus Notwendigkeit  +Natürliche Veränderung in der Zeit	+Häufiger Gebrauch als Training      +Ontogenetisch bedingte Veränderung +Verbesserung durch Training
<b>B</b>	-Angepasstheit durch Erkenntnis	+Anpassungs-Erkenntnis +Leistungssteigerung aus Notwendigkeit  !Häufiger Gebrauch der Muskeln	+Erkenntnis des Körpers  +Anpassung wegen schnellerer Beute  +Häufiger Gebrauch als Training +Körper macht Anpassung +Vererbung genetischer Eigenschaften +Übertragung in die Gene +Genotyp entspricht Phänotyp	+Anpassung aus Notwendigkeit +Anpassung wegen schnellerer Beute  +Häufiger Gebrauch der Muskeln	-Angepasstheit durch Erkenntnis      !Häufiger Gebrauch der Muskeln -Adaptierende Individuen



	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>C</b>	+Zwei Typen  +Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg	+Zwei Typen	+Ein Typus  -Bessere Vermehrung durch Schnelligkeit	-Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung	-Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung +Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg
	+Beuteerfolg durch Schnelligkeit +Leistungssteigerung durch bessere Nahrung +Zufällige Nahrungsvorteile +Verbesserung durch Nahrung	+Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit	+Konkurrenzlose Einzelgänger		-Vermehrung in Abhängigkeit der Körperproportionen
<b>D</b>		+Anpassungs-Erkenntnis	-Anpassungs-Erkenntnis +Erkenntnis des Körpers ! Erkenntnis induzierte genetische Umstellung	-Anpassungs-Erkenntnis	
	-Angepasstheit durch Erkenntnis	+Leistungssteigerung aus Notwendigkeit	-Angepasstheit durch Erkenntnis		-Angepasstheit durch Erkenntnis -Adaptierende Individuen ! Häufiger Gebrauch der Muskeln

### 5.3.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

Drei der Interviewpartner sprechen in der offenen Antwort eine Verbesserung oder Weiterentwicklung durch den Anpassungsprozess an. Zudem wird einmal die Kombination eigenständiges Trainieren als Leistungssteigerung und Vererbung erworbener Merkmale angesprochen und eine gezielte Anpassung durch die Schnelligkeitszunahme der Beute. Ein Proband geht von einer natürlichen Veränderung aus, die einfach so stattfindet im Laufe der Zeit. Durch die Antworten kommen bei allen Probanden neue und erweiternde Aspekte hinzu. In drei Fällen werden Vorstellungen in der offenen Beantwortung übereinstimmend mit einer der Antworten wiedergefunden oder Vorstellungen beibehalten.

Konzepte: LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH BESSERE NAHRUNG, GEZIELTE LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH LERNEN, VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT, VERBESSERUNG DURCH TRAINING, ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE, LEISTUNGSSTEIGERUNG ALS WEITERENTWICKLUNG, NATÜRLICHE VERÄNDERUNG IN DER ZEIT, WEITERENTWICKLUNG ALS VERBESSERUNG

#### Antwort A

##### **Häufiger Gebrauch der Muskeln** (alle Probanden)

Bei allen Interviewpartnern steht der häufige Gebrauch der Muskeln als ausschlaggebender Aspekt im Vordergrund. Die Plausibilität des häufigen Gebrauchs der Muskeln erschließt sich für einige Probanden durch den menschlichen Alltagsbezug „Trainieren“ oder „Üben“ im Hinblick auf eine Leistungssteigerung (Peter, Justus, Eva).

Erklärungsmuster: *Verstärkung von Eigenschaften durch Gebrauch*

Konzepte: HÄUFIGER GEBRAUCH DER MUSKELN, HÄUFIGER GEBRAUCH ALS TRAINING

**Leistungssteigerung durch eigene Anstrengung** (Peter, Bea, Felix)

Einige Probanden gehen davon aus, dass die Leistungssteigerung durch eigene Anstrengung erreicht wird, was im Zusammenhang des häufigen Gebrauchs der Muskeln oder dem Trainieren geäußert wird. Diese kontextbezogene Vorstellung weitet Peter auf den Aspekt der Vererbung aus, indem er davon ausgeht, dass das Potential des schnellen Muskelaufbaus vererbt wird und die Individuen dann die eigene Leistungssteigerung vornehmen.

Konzepte: INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG, VERERBUNG DES POTENTIALS

**Bedeutung der Vererbung erworbener Eigenschaften** (Bea, Felix, Eva)

Der Aspekt der Vererbung in Antwort A tritt hinter der Bedeutung des häufigen Gebrauchs der Muskeln und der damit verbundenen individuellen Leistungssteigerung zurück. Durch selbstständige Leistungssteigerung durch häufigen Gebrauch wird damit die Vererbung überflüssig. Nur Peter und Justus berücksichtigen diesen Aspekt selbstständig ohne Nachfrage.

Konzepte: VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT, ~~NOTWENDIGKEIT DER VERERBUNG~~, INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG

Kategorie: Unwesentlicher Aspekt

**Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Fin (78-79):** Das bringen sie [den Nachkommen] bei, aber vererben das nicht. (LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH LERNEN)

**Julia (112-116):** Die [Nachkommen] müssen das auch erst erkennen. *Das wird nicht vererbt.* (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG, VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT)

**Paul (67-68, 70-71, 80-81):** Die entwickeln das, wenn die noch ganz klein sind. Die müssen schon erst *schneller laufen, damit sie mehr Muskeln entwickeln*. Aber später ist das von alleine. Die entwickeln das selbst und das wird auch vererbt. Beides. (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG, VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT)

**Ben (39-44):** [Die] mussten das auch erst aufbauen und dann wurden das über die Generationen immer mehr [Muskeln]. Die haben nicht alles *geerbt*, aber schon ein bisschen. (INDIVIDUELLE LEISTUNGSSTEIGERUNG, VERERBUNG ERWORBENER LAUFGESCHWINDIGKEIT)

### **Weiterentwicklung und Verbesserung** (Peter, Bea, Justus, Eva)

Die Leistungssteigerung der Geparde wird als eine Weiterentwicklung oder Verbesserung der Geparde verstanden. Diese tritt bei den Probanden bereits in der offenen Beantwortung auf (bei Bea nur in der offenen Beantwortung) und wird in den Antworten als Vorstellungskomponente beibehalten. Mit den Antworten A (Justus, Eva) und C (Peter) werden diese Vorstellungen verbunden.

Konzepte: VERBESSERUNG DURCH TRAINING, LEISTUNGSSTEIGERUNG DURCH BESSERE NAHRUNG, GESUNDHEIT DURCH BESSERE NAHRUNG, WEITERENTWICKLUNG ALS VERBESSERUNG, LEISTUNGSSTEIGERUNG ALS WEITERENTWICKLUNG

### Antwort B

#### **Einbezug der Anpassungs-Erkenntnis** (Peter, Bea, Eva)

Die Erkenntnis von der notwendigen Veränderung wird entweder als ergänzender Aspekt der in Antwort B enthaltenen Anpassungs-Notwendigkeit genutzt (Bea) oder durch den Vergleich mit Antwort D die Anpassung allein durch die Erkenntnis der Individuen abgelehnt (Peter, Eva).

Konzepte: ~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~, ANPASSUNGS-ERKENNTNIS

#### **Anpassung aus Notwendigkeit** (Bea, Justus, Felix)

Die gezielte Anpassung wird von einigen Interviewpartnern durch die Notwendigkeit begründet (Bea, Felix) und von einigen konkreter auf die Zunahme der Schnelligkeit der Beute zurückgeführt (Justus, Felix). Die ist damit ein konkreter Auslöser, auf Grund dessen eine Anpassungs-Notwendigkeit resultiert.

Erklärungsmuster: *Anpassung aus Notwendigkeit*

Konzepte: LEISTUNGSSTEIGERUNG AUS NOTWENDIGKEIT, ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE

#### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (99-100):** Vielleicht ist die Beute auch schneller geworden und deswegen mussten die auch schneller werden. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

**Paul (116-121):** Ich würde B nehmen, weil die Beute sich auch verändert hat. Und deswegen müssen die auch schneller laufen. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

**Ben (13-14):** Wenn die Beutetiere schneller werden, dann müssen die auch schneller werden. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

### **Benennung von Akteuren** (Justus, Eva)

Einige Interviewpartner benennen einen konkreten Akteur der gezielten Veränderung. Justus geht dabei von der Anpassung des Körpers aus, der diese Veränderung eigenständig vornimmt, während Eva den Individuen diese Funktion selbst zuordnet.

Konzepte: KÖRPER MACHT ANPASSUNG, ~~ADAPTIERENDE INDIVIDUEN~~

**Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews** (passt auch zu Anpassung aus Notwendigkeit, s.o.)

**Julia (99-100):** Vielleicht ist die Beute auch schneller geworden und deswegen mussten die auch schneller werden. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

**Paul (116-121):** Ich würde B nehmen, weil die Beute sich auch verändert hat. Und deswegen müssen die auch schneller laufen. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

**Ben (13-14):** Wenn die Beutetiere schneller werden, dann müssen die auch schneller werden. (ANPASSUNG WEGEN SCHNELLERER BEUTE)

### Antwort C

#### **Typologische Aussagen** (Justus, Bea)

Bea erkennt in der Antwort C eine Unterscheidung von zwei Typen, die sie in ihrer Bewertung der Antwort beibehält. Justus hingegen macht seine Bewertung von der Vorstellung eines Typus abhängig, auf Grund dessen er die Unterschiedlichkeit in der Antwort C ablehnt.

Erklärungsmuster: *Typologischer Vergleich der Individuen*

Konzepte: ZWEI TYPEN, EIN TYPUS

#### **Bessere Vermehrung erfolgreicher Individuen** (Peter, Justus, Felix, Eva)

Mehrere Interviewpartner sehen keinen Zusammenhang in der höheren Laufgeschwindigkeit oder dem besseren Beuteerfolg und der besseren Vermehrung (Antwort C). Dabei beziehen sie diese Eigenschaften direkt aufeinander (Justus, Felix, Eva). Hinsichtlich generationenübergreifender Konsequenzen der Nahrungsvorteile können sich Peter und Eva vorstellen, dass diese Individuen gesündere Nachkommen haben, weil die El-

tern bessere Nahrung erhalten. Eva lehnt den Zusammenhang zwischen den Vorteilen und der Vermehrung als direkten Bezug ab.

Konzepte: ~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHNELLIGKEIT, BEUTEERFOLG FÜHRT ZU BESSERER VERMEHRUNG, GESÜNDERE NACHKOMMEN DURCH BEUTEERFOLG~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (143-144):** Ich kann mir nicht vorstellen, dass die sich, [wenn die mehr Beute fangen], besser vermehren als andere. (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH BEUTEERFOLG~~)

**Hella (148-149, 153-155, 173-174):** Dass "einige waren schneller", hat nichts mit ihren Kindern zu tun. Mein Vater ist total schnell, meine Mutter nicht so und mein Bruder ist viel schneller im Laufen als ich. Dass die Kinder [der Schnellen] unbedingt schneller sind als die anderen, würde ich nicht behaupten. (~~WEITERGABE DER SCHNELLIGKEIT AN DIE NACHKOMMEN~~)

**Ben (69-76):** Antwort C nehme ich nicht, weil [...] ich das unlogisch finde, dass die sich besser vermehren, wenn die gerade mehr Futter bekommen haben. Die haben sich auch ganz normal weiter vermehrt. (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH BEUTEERFOLG~~)

### Antwort D

#### **Anpassungs-Erkenntnis (alle Probanden)**

Drei Interviewpartner erkennen in der Antwort D die Anpassungs-Erkenntnis als zentralen Aspekt, dem sie entweder zustimmen (Bea), oder den sie ablehnen, weil sie sich nicht vorstellen können, dass sich Geparde ihrer Situation bewusst sein können (Justus, Felix). Peter, Justus und Eva entnehmen den Inhalten, dass die Veränderung in den angepassten Zustand allein durch die Erkenntnis, oder weil die Individuen es wollen, erfolgt und lehnen dies ab.

Konzepte: ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, ~~ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Fin (163-166, 175-177):** Ich kann mir nicht vorstellen, dass sich die Laufgeschwindigkeit der Geparde ändert, wenn sie merken, dass sie schneller werden müssen. [Das passiert] nur wenn die ihren Laufstil ändern. (~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~)

### Antwortübergreifende Gemeinsamkeiten

#### **Verknüpfung der Antworten A, B und D** (Peter, Justus, Felix, Eva)

Der Aspekten der Leistungssteigerung durch häufigen Gebrauch bei der Bewertung der angebotenen Antwortoptionen tritt bei allen Interviewpartnern hervor. Vier Schüler nutzen diesen Aspekt, um andere Antwortoptionen durch diesen zu ergänzen. Justus und Felix lehnen Antwort D ab, weil aus ihrer Perspektive die Veränderung nicht allein durch die Erkenntnis von einer notwendigen Veränderung passieren kann. Die Anpassung, beginnend mit der Erkenntnis, wird vorstellbar, wenn der Aspekt des häufigen Gebrauchs hinzukommt. Auch Eva und Peter, welche die Antworten B und D gleichsetzen, können erst durch die Verbindung mit dem häufigen Gebrauch der Antwort A, eine für sie sinnvolle Vorstellung generieren. Bea hingegen lehnt Antwort A ab, weil ihrer Meinung nach keine Muskelanstrengung ohne die Erkenntnis zur notwendigen Veränderung passieren kann.

#### **Gleichsetzung der Antworten B und D** (Peter, Bea, Eva)

Antworten B und D werden in einigen Fällen miteinander verbunden und für gleich befunden. Dabei werden sowohl die Erkenntnis als Vorstellungsaspekt angegeben, als auch eine zielgerichtete Veränderung. Das kann dazu führen, dass Antwort B gleichermaßen abgelehnt wird, wie Antwort D, obwohl die Erkenntnis der abgelehnte Aspekt ist, nicht aber die Anpassung auf Grund von Notwendigkeit (Peter, Eva).

#### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Paul (137-141, 162-163):** A wäre eine Erklärung für B. Wenn die sehen, dass die Beute schneller ist, dann müssen die auch schneller laufen, damit sie die bekommen können, weil sie sonst nichts mehr zu fressen hätten. (Verknüpfung der Antworten A und B)

**Ben (11-33):** Ich habe mich für B entschieden, weil sie sonst nicht überleben könnten [...]. A finde ich vielleicht auch sinnvoll, weil dadurch wurden [die Geparde] dann schneller. [...] Die nutzen dann öfters ihre Muskeln [...] und dadurch hatten die dann immer mehr Muskeln [...] und dann haben die gemerkt, dass das gut ist. (Verknüpfung der Antworten A, B und D)

**Julia (81-91):** Die Antworten B und D sind schon recht ähnlich. Um die Beute zu fangen müssen die schneller werden, sonst kriegen die nichts. Ich glaube *das hat was* mit den Muskeln *zu tun*. Bei A steht ja auch noch, dass sie häufiger ihre Muskeln benutzen [...]. (Verknüpfung der Antworten A, B und D).

**Julia (57-70):** D fand ich schon logisch, aber B hörte sich richtiger an. Ich könnte nicht sagen warum. Ich finde, das ist besser geschrieben und man versteht das besser, [aber eigentlich] ist es gleich. [...]. Es gibt eigentlich keinen *Unterschied*. (Gleichsetzung der Antworten B und D)

**Paul (157-159):** Ich finde B und D sind gleich, weil wenn die erkannt haben, dass sie schneller geworden sind, müssen die auch irgendetwas ändern und das ist hier eigentlich genauso. (Gleichsetzung der Antworten B und D)

### Wortverständnis

#### **Vererbung** (alle Probanden)

Der Begriff Vererbung wird mit Bezugnahme auf den Kontext von Antwort A beschrieben, wodurch die Vorstellung von „Vererbung“ potentiell mit der Vererbung erworbener Eigenschaften verbunden wird (Peter). Jedoch werden auch unabhängige Aussagen gemacht, die alle eine lebensweltliche Vorstellung des Begriffs widerspiegeln. Es werden entweder Merkmale oder Gene genannt (Justus), welche die Eltern mit ihren Kindern auf Grund der Vererbung teilen. Sie sprechen dabei von gleichen Genen oder gleichen Merkmalen. Insgesamt wird dadurch eine eher oberflächliche Vorstellung deutlich, die sich an phänotypischen Gemeinsamkeiten orientiert. Entsprechend verstehen viele Probanden den Vererbungsvorgang als Weitergabe (Bea, Justus, Felix, Eva).

Konzepte: VERERBUNG ALS WEITERGABE, VERERBUNG GENETISCHER EIGENSCHAFTEN, VERERBUNG ERWORBENER EIGENSCHAFTEN (LAUFGESCHWINDIGKEIT)

#### **5.3.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Geparden-Aufgabe**

Alle Interviewpartner geben den Itemstamm einheitlich wieder. Dabei wird die unterschiedliche Laufgeschwindigkeit der Geparde „damals“ und „heute“ (Vorfahren und aktuelle Geparde) hervorgehoben. Die Frage wird als Erklärung der Gründe der Zunahme der Laufgeschwindigkeit aufgefasst. Schwierigkeiten mit den Inhalten zeigen sich durchgängig nicht. Justus merkt an, dass diese Frage seiner Meinung nach auf Wissen über den speziellen Kontext beruht, wodurch eine gewisse Unsicherheit darin besteht, wie die Frage auf Grund der Inhalte des Itemstamms beantwortet werden soll.



## 5.4 Weismann-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zur Vererbung erworbener Merkmale in den Interviews überprüft.

**Ende des 19. Jahrhunderts führte der Zoologe August Weismann folgendes Experiment durch: Er schnitt Mäusen die Schwänze ab, um festzustellen, welche Auswirkungen dies auf die Nachkommen haben würde. Wie haben die Nachkommen dieser Mäuse ausgesehen?**

- a. Das Abschneiden hatte keinen Einfluss auf die Schwanzlänge der Nachkommen.
- b. Die direkten Nachkommen dieser Mäuse hatten keinen Schwanz mehr.
- c. Die Nachkommen der Mäuse hatten nach mehreren Generationen keinen Schwanz mehr.
- d. Hätten Mäusen ohne Schwanz einen Vorteil davon, hätten die Nachkommen auch keinen mehr.

Wenn der Schüler sowohl in der freien Antwort als auch in allen weiteren Aussagen im Kontext dieser Aufgabe vom „Bekommen“ der Merkmale der Eltern spricht, wird die Verwendung der Bezeichnung „Vererbung“ vermieden und stattdessen das Weitergeben bei der Konzeptentwicklung genutzt, da dieser Begriff der Beschreibung des Vorgangs besser entspricht.

### 5.4.1 Interview mit Peter

#### 5.4.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.4.1.2 Explikation

##### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Bei der Stellungnahme zur Weitergabe erworbener Merkmale ist für Peter die Speicherung der Merkmale der Nachkommen vor dem Entfernen der Schwänze der Eltern wesentlich.

Auf dieser Vorstellung gründet die Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale. Darauf geht Peter bereits in seiner **freien Beantwortung** ein und präzisiert diesen As-

pekt im Kontext der Antwortmöglichkeiten (MERKMALSSPEICHERUNG). Während er in der freien Beantwortung eine Weitergabe ablehnt, lässt er sich durch die in den Antwortmöglichkeiten vorhandene Gegenposition zwischenzeitlich verunsichern, bleibt letztlich aber bei der Ablehnung der Weitergabe erworbener Merkmale, wodurch diese Vorstellung beibehalten wird.

Peter erkennt, dass die **Antworten B und C** beide die Weitergabe erworbener Merkmale an die Nachkommen befürworten und somit eine gegensätzliche Position zu seiner in der freien Beantwortung beschriebenen Vorstellung einnehmen. Durch die **Antwort C** zieht Peter kurzfristig die Weitergabe der erworbenen Merkmale in Betracht, da es ihm offensichtlich an Erklärungen mangelt. Unsicher mit der Zustimmung oder Ablehnung des grundlegenden Konzepts der Weitergabe erworbener Merkmale, stellt Peter heraus, dass er zumindest von einer kontinuierlichen Weitergabe ausgeht, bei der alle Nachkommen die gleichen Merkmale haben (296-298) (KONTINUIERLICHE WEITERGABE). Die **Antworten B und C** werden hinsichtlich dieses Aspekts verglichen (141-143). Abweichend zu seiner Vorstellung einer kontinuierlichen Weitergabe weisen für Peter in der **Antwort B** seinem Verständnis nach nur die direkten Nachkommen die erworbenen Merkmale auf, während alle weiteren wieder einen Schwanz haben (305-307). Für Peter ist zutreffender, dass alle nachfolgenden Generationen die gleichen Merkmale aufweisen, wie er die **Antwort C** versteht (~~WEITERGABE AN DIREKTE NACHKOMMEN~~, KONTINUIERLICHE WEITERGABE). Dieser Aspekt stellt jedoch keine wesentliche Vorstellungsveränderung dar.

Schließlich tendiert Peter zu der Sichtweise, dass die erworbenen Merkmale nicht weitergegeben werden (**Antwort A**), wodurch auch eine Ablehnung gegenüber den Antworten B und C verdeutlicht wird (~~WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE~~). In der Antwort A erkennt Peter eine Übereinstimmung mit seiner in der offenen Beantwortung genannten Vorstellung (MERKMALSSPEICHERUNG). Darüber hinaus kann er weitere Erklärungen finden, die für eine Merkmalspeicherung sprechen und dehnt diese Vorstellung auf Zellebene aus (310-328). Dabei sind die Nachkommen schon vor dem Abschneiden des Schwanzes mit ihren Merkmalen in den Geschlechtszellen (Samen und Ei) der Eltern „vorgefertigt“ („vorbereitet“, 323) (MERKMALSSPEICHERUNG IN DEN GESCHLECHTSZELLEN). Das erneute Aufgreifen und Erweitern der Vorstellung von einer Merkmalspeicherung, die bereits in der freien Beantwortung genannt wurde, entsteht durch genaueres Nachdenken im Zusammenhang der Antwortmöglich-

keiten. Dabei bezieht er sich aber nicht auf konkrete Inhalte einer Antwortoption, sondern erweitert die Vorstellung der freien Beantwortung lediglich.

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

Die **Antwort D** lehnt Peter ab, weil er in dem gegebenen Kontext der Aufgabe keine Vorteile im Verlust eines Schwanzes sieht (144-146) (UNBEDEUTENDES MERKMAL, kontextabhängige Bewertung). Dass für Peter der Nutzen des Schwanzes für die Mäuse im Vordergrund steht, wird unterstützt durch seine Aussage, dass er sich nicht so gut mit Mäusen auskennt (144-145). Dabei deutet sich an, dass er die Zustimmung oder Ablehnung der Antwort davon abhängig macht, ob die Schwänze für die Mäuse einen besonderen Nutzen haben oder nicht. Im Vergleich zu den Bewertungen der anderen Antwortoptionen, die er verglichen hat, nimmt Peter im Falle der Antwort D keinen Bezug zu den alternativen Antwortmöglichkeiten und nimmt eine unabhängige Betrachtung vor.

#### 5.4.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.27: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Merkmals- speicherung	zentraler Aspekt	Merkmalspeicherung
	Übereinstimmung Erweiterung	✓ A -Weitergabe erworbener Schwanzlänge +Merkmalspeicherung +Merkmalspeicherung in den Geschlechtszellen
		x B ! Kontinuierliche Weitergabe -Weitergabe an direkte Nachkommen
		x C ! Kontinuierliche Weitergabe -Weitergabe erworbener Schwanzlänge
	<u>kontextabhängige Bewertung</u>	x D +Unbedeutendes Merkmal

Den Aspekt der Merkmalspeicherung greift Peter in der Antwort A wieder auf und findet in dieser Antwort eine Übereinstimmung (Tabelle 5.27). Unabhängig von den Inhalten erweitert er diese Vorstellung im Rahmen der Antwort.

## 5.4.2 Interview mit Bea

### 5.4.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.4.2.2 Explikation

#### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

In Beas Vorstellung zu den Auswirkungen des Abschneidens des elterlichen Schwanzes auf die Nachkommen tritt der Aspekt des Nachwachsens in den Vordergrund.

In der **freien Beantwortung** zieht sie dazu zwei verschiedene Alltagsbezüge heran. Primär assoziiert sie das Nachwachsen mit echsenartigen Tieren, vor allem den Bartagamen (NACHWACHSEN DES SCHWANZES). Das vergleicht sie damit, dass nach Verlust von Gliedmaßen bei Menschen, die Nachkommen dann trotzdem die Merkmale haben. Dabei vermischt sie ontogenetische Entwicklungsvorgänge mit dem Nachwachsen des Schwanzes bei ausgewachsenen Echsen. Über letzteren Vergleich nimmt Bea dann Bezug zu den Auswirkungen auf die Nachkommen und somit generationenübergreifenden Konsequenzen.

Unter Einfluss der Antwortmöglichkeiten kommen neue Vorstellungsaspekte hinzu. Ist nur ein Elternteil betroffen, beschreibt sie das Auftreten eines Schwanzes bei den Nachkommen als vom Zufall abhängig. Haben hingegen beide Eltern keinen Schwanz, schließt sie die Weitergabe eher aus. Abweichend vom generellen Nachwachsen oder Wachsen bei den Nachkommen, macht sie die Auswirkungen bei den Nachkommen im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten von den einzelnen Elternteilen abhängig. Durch die Vorstellung von einem entweder oder (beide Eltern haben keinen Schwanz oder nur ein Elternteil), findet Bea zunächst keine Übereinstimmung mit einer der Antworten.

Bea kann diese Vorstellung ihrer Meinung nach dann aber am besten mit der **Antwort A** vereinen. Durch den Aspekt „keinen Einfluss“ versteht Bea die Merkmale der Eltern als bedeutungslos im Hinblick auf die Ausprägung bei den Nachkommen. Hier knüpft sie ihre freie Vorstellung an, indem die Nachkommen nicht unbedingt die erworbenen Merkmale der Eltern aufweisen müssen. Die Antwortmöglichkeit scheint ihr offensichtlich den Freiraum zu lassen, die Vorstellung von einem „entweder oder“ unterzubringen. Im Zusammenhang der Begründung konkretisiert Bea die Vorstellung vom „entweder oder“. Sie hält dabei für möglich, dass die Nachkommen entweder die ursprünglichen Merkmale (langer Schwanz) oder den erworbenen (kurzen) Schwanz erben (ER-

BEN URSPRÜNGLICHER ODER ERWORBENER SCHWANZLÄNGE). Die Vorstellungsgenerierung im Zusammenhang dieser Antwortoption ist dabei nicht an konkrete Inhalte der Antwort gebunden.

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

**Antworten B und C** schließt sie aus, weil diese nicht mit den Vorstellungen des Nachwachsens vereinbar sind und nicht offen lassen, ob die Nachkommen die erworbenen Merkmale erben oder nicht. In diesen Antworten werden ihrer Auffassung nach die erworbenen Merkmale weitergegeben (WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE). Die erworbenen Merkmale werden in ihrer Vorstellung aber nur unter bestimmten Umständen weitergegeben (WEITERGABE URSPRÜNGLICHER ODER ERWORBENER SCHWANZLÄNGE, vgl. Antwort A).

Unabhängig von den anderen Antwortoptionen behandelt Bea **Antwort D**. Diese versteht sie so, dass die Mäuse die Fähigkeit besitzen, die Vererbung der Merkmale zu bewirken. Auf Grund der Einflussmöglichkeiten der Mäuse lehnt Bea die Antwort ab (~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~). Diese Entscheidung trifft sie auf der Grundlage lebensweltlicher Erfahrung, nach der eine Person nicht über die Merkmale ihres Kindes entscheiden kann (325-327). Auf die Vererbung geht sie dann nicht mehr ein, sondern bezieht sich auf den für sie zentralen Aspekt der Einflussnahme der Mäuse. Die Antwort D wird dabei unabhängig von den anderen Antworten behandelt.

### 5.4.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.28: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte	
Nachwachsen des Schwanzes	zentraler Aspekt	Nachwachsen des Schwanzes	
	Erweiterung	✓ A	+Erben ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge
		x B	Weitergabe erworbener Schwanzlänge ! Erben ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge
		x C	Weitergabe erworbener Schwanzlänge ! Erben ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge
		x D	-Individuen als Akteure

Die freie Vorstellung kann Bea mit Antwort A vereinen (Tabelle 5.28). In dieser Antwort haben die Nachkommen einen „ursprünglich“ langen Schwanz. Dabei erweitert sie ihre freie Vorstellung unabhängig von konkreten Inhalten der Antwort. Ist nur ein Elternteil von der Schwanzentfernung betroffen, kann sie sich auch die Weitergabe erworbener Merkmale (Schwanz) vorstellen und vereint diese bedingte Weitergabe mit Antwort A.

### 5.4.3 Interview mit Justus

#### 5.4.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.4.3.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Justus nimmt bei der Erklärung des Einflusses erworbener Merkmale auf die Nachkommen konsequent eine ablehnende Haltung gegenüber der Weitergabe erworbener Merkmale ein.

Dabei nutzt er nicht das Wort Vererben, sondern geht auf die Merkmale bei Eltern und Nachkommen ein, ohne den Transfer genauer zu beschreiben. Justus gebraucht zudem durchgängig eine Mischung von fachlichen Ansätzen und finalen Vorstellungen zur Erläuterung seiner Sichtweise. Fachliche Ansätze zeigen sich darin, dass er die Weitergabe der erworbenen Merkmale ablehnt, weil keine genetische Veränderung stattgefunden hat, genauere Hintergründe kann er dazu aber nicht nennen. Parallel hat die finale Perspektive eine wichtige Funktion, da er das Auftreten des Schwanzes bei den Nachkommen von der Nützlichkeit dieses Merkmals abhängig macht. Der finale Ansatz kommt jedoch erst beim Hinzukommen der Antwortoptionen zur Geltung. Durch die Antwortoptionen erweitert er seine Vorstellungen, behält seine grundsätzliche Ablehnung aber bei. Die Erweiterung orientiert sich dabei nicht an bestimmten Inhalten der Antworten, sie ist stattdessen eher eine Konkretisierung der bereits genannten Positionen in der freien Beantwortung. Zusätzlich kommen auch unabhängige individuelle Ansätze dazu.

In der **freien Beantwortung** erklärt Justus seine Ablehnung der Weitergabe erworbener Merkmale damit, dass bei Verlust eines Armes, die Nachkommen dieser Person trotzdem die ursprünglichen Merkmale aufweisen (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN~~). Nach Justus' Auffassung müssen genetische Veränderungen eintreten,

damit die Nachkommen die erworbenen Merkmale aufweisen (EINFLUSS GENETISCHER VERÄNDERUNGEN). Diesen Ansatz vertritt Justus konsequent und bezieht ihn in die Bewertung der Antwortoptionen ein.

In **Antwort A** sieht Justus Parallelen zu seiner freien Beantwortung. Zusätzlich begründet er in diesem Zusammenhang die Ablehnung der Vorstellung von der Weitergabe der erworbenen Merkmale mit der Nützlichkeit des Schwanzes für die Mäuse: „Die Mäuse brauchen den Schwanz einfach.“ (317) (~~WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE~~, WEITERGABE NÜTZLICHER MERKMALE). Erneut bringt Justus den fachlichen Ansatz ein, indem er die Ablehnung auf eine genetische Veränderung bezieht, die hätte eintreten müssen, damit die Nachkommen einen veränderten Schwanz haben (EINFLUSS GENETISCHER VERÄNDERUNGEN). Diese Erklärung nutzt er außerdem zur Ablehnung der **Antworten B und C**. Bei **Antwort C** geht Justus zusätzlich von einer graduellen Abnahme der Schwanzlänge bei den Nachkommen über Generationen aus, die ihm auch nicht sinnig erscheint (~~GRADUELLE MERKMALSVERÄNDERUNG ÜBER GENERATIONEN~~). Anzumerken ist, dass Justus das Wort Generation als eine Ahnenfolge beschreibt, bzw. eine Gruppe von Verwandten unterschiedlichen Alters (Kinder, Eltern, Großeltern, Urgroßeltern) (GENERATION ALS AHNENFOLGE). Das Wortverständnis ist bedeutend, da eine Generation für Justus über einen langen Zeitraum existiert (Ahnenfolge) und entsprechend die Vorstellung von der graduellen Veränderung über Generationen prägt. Abweichungen im Verständnis dieser Antwort können sich dabei zu anderen Schülern ergeben, die von „Generationen“ ein angemessenes Verständnis haben. Zusätzlich zum fachlichen Ansatz bringt er an dieser Stelle erneut das „Brauchen“ des Schwanzes ein (WEITERGABE NÜTZLICHER MERKMALE), das gegen die Weitergabe erworbener Merkmale spricht.

Bei der Bewertung von **Antwort D** ist die finale Perspektive leitend. Justus merkt an, dass die Mäuse bei Vorteilen durch die Schwanzlosigkeit, wie sie in Antwort D beschrieben werden, auch von Anfang an schon keinen Schwanz hätten haben müssen, da seiner Meinung nach die Vorteile ausschlaggebend für das Auftreten von Merkmalen sind. Justus beschreibt diese als absichtsvoll und zweckgerichtet (AUFTRETEN GEZIELTER MERKMALE). Wäre es generell vorteiliger keinen Schwanz zu haben, hätten nach Justus die Eltern auch schon vor dem Abschneiden keinen Schwanz haben müssen. Da die Inhalte der Antwort dieser Vorstellung jedoch nicht gerecht werden, lehnt er die Antwort ab. Insgesamt wird deutlich, dass er die Vorstellung, die mit Antwort D überprüft werden soll (WEITERGABE BEI VORTEILEN), generell vertritt, die Darstellung in

Antwort D, bzw. die kontextuelle Einbettung jedoch zu einer Ablehnung führen, da der Schwanz seiner Meinung nach nicht vorteilig ist (kontextabhängige Bewertung). Die genetischen Veränderungen, deren Ausbleiben Justus in den anderen Antwortoptionen als Grund des Ablehnens genannt hat, werden an dieser Stelle nicht mehr erwähnt. Die Nützlichkeit von Merkmalen führt Justus nicht auf den Willen eines Gottes (teleologisch) oder die eigene Entscheidung der Individuen zurück, kann aber die wirkende Kraft hinter der absichtsvollen Merkmalsentstehung nicht erklären.

### 5.4.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.29: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	-Weitergabe erworbener Schwanzlänge
-Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen	Übereinstimmung	✓ A -Weitergabe erworbener Schwanzlänge
	Beibehaltung	+Einfluss genetischer Veränderungen
Einfluss genetischer Veränderungen	Neuer Aspekt	+Weitergabe nützlicher Merkmale
		x B ! Einfluss genetischer Veränderungen
		x C -Graduelle Merkmalsveränderung über Generationen
		! Einfluss genetischer Veränderungen
		! Weitergabe nützlicher Merkmale
	<u>kontextabhängige Bewertung</u>	x D ! Auftreten gezielter Merkmale
		+Weitergabe bei Vorteilen

Justus kann seine freie Antwort mit Antwort A vereinen (Tabelle 5.29). Diese wird, seiner Auffassung nach, sowohl der alltagsbezogenen Vorstellung (Verlust von Gliedmaßen) als auch seinem fachlich orientierten Ansatz vom Einfluss genetischer Veränderungen gerecht. Zusätzlich generiert er neue Aspekte im Rahmen der Antwort.



## 5.4.4 Interview mit Felix

### 5.4.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.4.4.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Felix vertritt durchgängig im Kontext der Weismann-Aufgabe die Vorstellung, dass der erworbene Schwanz der Eltern nicht an die Nachkommen weitergegeben wird. Diese Annahme stützt er auf die lebensweltliche Erfahrung, dass wenn ein Mensch ein Bein oder Fuß verliert, die Nachkommen trotzdem die ursprünglichen Merkmale aufweisen (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN~~). Insgesamt wird die Zentralität des Alltagsbezugs durch die Antwortmöglichkeiten nicht verändert und Felix nutzt diesen mehrfach zur Bewertung der Antworten. Bei der Beschreibung der Auswirkungen des Eingriffs auf die Nachkommen spricht Felix nicht von Vererbung.

Das lebensweltliche Beispiel, das bereits in der **freien Antwort** zentral ist, kann er mit **Antwort A** vereinen (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN~~). Als Erklärung nennt er die Ähnlichkeit von Mäusen, die alle einen langen Schwanz aufweisen (~~GLEICHES AUSSEHEN ALLER INDIVIDUEN~~). An dieser Stelle nutzt Justus somit eine Beobachtung, bzw. Beschreibung, als Begründung, da er keine Erklärungen geben kann. Zudem werden kurze Schwänze als Verkrüppelungen beschrieben, die höchstens in Ausnahmefällen auftreten. Gewöhnlich haben jedoch alle Mäuse die ursprüngliche normale Schwanzlänge.

#### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

Felix nutzt das Beispiel des Verlustes von Gliedmaßen erneut, um zu begründen, warum er die Weitergabe erworbener Merkmale ablehnt (Antworten B und C) (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN~~). Felix stellt die Ähnlichkeit der **Antworten B und C** fest, unterscheidet aber zwischen mehreren Generationen (C) und direkten Nachkommen (B). Dabei lehnt er sowohl die Weitergabe an die direkten Nachkommen, als auch für mehreren Generationen ab, wie er die Antworten auffasst (~~WEITERGABE AN DIREKTE NACHKOMMEN, WEITERGABE AN MEHRERE GENERATIONEN~~).

Wie auch bei der Geparden-Aufgabe bewegt sich Felix bei der Bewertung von **Antwort D** zeitweilig auf der kontextbezogenen Wissens Ebene, wobei er sich unsicher ist, welche

Vorteile die Mäuse durch den Schwanz haben: „Ich weiß nicht, was die davon für Vorteile haben.“ (317) (Wissen über den Kontext). In einer weiteren Bezugnahme auf die Antwort lehnt er diese mit der Begründung ab, dass die Vorteile keinen Einfluss nehmen auf die Schwanzlänge der Nachkommen (~~WEITERGABE BEI VORTEILEN~~).

#### 5.4.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.30: Konzepte Weismann-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
-Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen	zentraler Aspekt	-Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen
	Übereinstimmung Neuer Aspekt	✓ A -Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen +Gleiches Aussehen aller Individuen
		x B -Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen -Weitergabe an direkte Nachkommen
		x C -Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen -Weitergabe an mehrere Generationen
	<u>Wissen über den Kontext</u>	x D -Weitergabe bei Vorteilen

Felix nutzt die alltagsbezogene Erfahrung „Verlust von Gliedmaßen“ zur freien Beantwortung der Aufgabe und findet in Antwort A eine aus seiner Perspektive übereinstimmende Antwort (Tabelle 5.30). Als Begründung fügt er bei Hinzukommen der Antworten das gleiche Aussehen der Mäuse als neuen Aspekt hinzu, ohne dabei auf konkrete Inhalte der Antwort einzugehen.

#### 5.4.5 Interview mit Eva

##### 5.4.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

##### 5.4.5.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In der Erklärung der Auswirkungen der erworbenen Merkmale auf die Schwanzlänge der Nachkommen sind bei Eva zwei Vorstellungen tragend, die sich dann auch auf die Bewertung der Antworten auswirken.

Bereits in der **freien Beantwortung** vermutet Eva zum einen, dass die Nachkommen die ursprüngliche Schwanzlänge der Eltern erhalten, oder zum anderen einen mittellangen Schwanz bekommen. Ersteres führt sie darauf zurück, dass der Schwanz der Eltern in deren Entwicklung wieder wächst (ENTWICKLUNGSBEDINGTE REGENERATION). Das führt sie darauf zurück, dass die Mäuse das „immer noch in sich haben [...] und das sozusagen trotzdem noch da ist“ (35-37). Dadurch ist dann auch nach Evas Vorstellung eine Weitergabe der ursprünglichen Merkmale möglich. Alternativ bezieht sie die Vorstellung von einem halben Schwanz auf die Halbierung der Anzahl der Gene durch das Abschneiden (VERLUST VON GENEN). Insgesamt nennt sie somit zwei Ansätze von denen der eine zu einer Wiederherstellung des langen Schwanzes bei den Eltern und den Nachkommen führt (normaler Schwanz), während der zweite Ansatz durch den Verlust von Genen zu einer Weitergabe des erworbenen Merkmals führt (WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE).

In den Antwortmöglichkeiten erweitert Eva diese Aspekte, nimmt dabei aber keinen direkten Bezug zu den Antwortmöglichkeiten. Stattdessen generiert sie diese Vorstellungen durch genaueres Nachdenken im Zuge der Bewertung der Antworten. Durch diesen Prozess entscheidet sie sich schließlich für den Aspekt der Regeneration.

In **Antwort A** findet sie eine Übereinstimmung mit ihrer freien Beantwortung, zumindest hinsichtlich der Vorstellung der Weitergabe eines normal langen Schwanzes, der in ihrer freien Antwort über die Zeit wieder wächst (ENTWICKLUNGSBEDINGTE REGENERATION). Sie bezieht sich dabei jedoch nicht auf bestimmte Aspekte in der Antwort und behält die von ihr in der freien Beantwortung beschriebene Vorstellung bei.

In **Antwort C** versteht Eva die Veränderung über Generationen als graduelle Abnahme der Schwanzlänge (GRADUELLE MERKMALSVERÄNDERUNG ÜBER GENERATIONEN). Diese Vorstellung lehnt sie zunächst ab, weil ihrer Meinung nach die Merkmale der Nachkommen mit denen der Eltern übereinstimmen müssen. Das passt mit ihren Äußerungen in der freien Beantwortung zusammen. Im Zuge des Nachdenkens argumentiert sie im weiteren Verlauf auf Zellebene und wechselt dabei zwischen Verlust und Nachwachsen, vergleichbar mit dem Verlust der Gene und dem Wachstum durch Entwicklung in der freien Beantwortung. Schließlich behält sie eine Kombination der genannten Vorstellungsaspekte in der freien Beantwortung bei: Die Nachkommen bekommen zunächst halbe Schwänze (WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE), die dann aber nachwachsen und sich über Generationen regenerieren (REGENE-

RATION ÜBER GENERATIONEN), sodass letztlich die Nachkommen die ursprüngliche Schwanzlänge der Eltern haben. Aus der anfänglich angenommenen graduellen Abnahme wird dadurch eine graduelle Zunahme. Die Vorstellung der freien Antwort wird dabei zum einen modifiziert (Verknüpfung der Vorstellungsaspekte) und zum anderen ergeben sich Erweiterungen des Regenerationsaspektes („über Generationen“). Die Vorstellungserweiterung wurde zwar im Zusammenhang mit Antwort C angestoßen, eine direkte Bezugnahme zu den Inhalten macht sie dabei jedoch nicht.

Eva fasst die Inhalte von Antwort B als Weitergabe der erworbenen Merkmale an die direkten Nachkommen auf, während die folgenden wieder einen Schwanz haben. **Antwort B** könnte sie sich vorstellen, wenn alle Nachkommen kontinuierlich die erworbenen Merkmale aufweisen (~~WEITERGABE AN DIREKTE NACHKOMMEN, KONTINUIERLICHE WEITERGABE~~). Damit stimmt sie einer abweichenden Variante von Antwort B zu.

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

**Antwort D**, in welcher die Weitergabe an Vorteile gebunden ist, lehnt sie ohne nähere Ausführung ab (~~WEITERGABE BEI VORTEILEN~~).

### 5.4.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.31: Konzepte zur Weismann-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Entwicklungsbedingte Regeneration
Entwicklungsbedingte Regeneration	Übereinstimmung	✓ A +Entwicklungsbedingte Regeneration
Verlust von Genen	Modifizierung	x C -Graduelle Merkmalsveränderung über Generationen
Weitergabe erworbener Schwanzlänge	Erweiterung	✓ +Weitergabe erworbener Schwanzlänge +Regeneration über Generationen
		x B -Weitergabe an direkte Nachkommen ! Kontinuierliche Weitergabe
		x D -Weitergabe bei Vorteilen

In der freien Beantwortung findet Eva sowohl Argumente für die Vererbung erworbener Merkmale, als auch dagegen (Tabelle 5.31). Die Ablehnung der Vererbung erworbener Merkmale in Form einer Regeneration vereint sie mit Antwort A. Den generationen-

übergreifenden Aspekt greift sie in Antwort C auf und zieht dann auch eine Regeneration über Generationen in Betracht.

#### **5.4.5.4 Vergleich der Konzepte zur Weissmann-Aufgabe**

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.32: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Weismann-Aufgabe (Ver. erworbener Eigensch.).

	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>A</b>	-Weitergabe erworbener Schwanzlänge  +Merkmalspeicherung +Merkmalspeicherung in den Geschlechtszellen	+Erben ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge	-Weitergabe erworbener Schwanzlänge +Weitergabe nützlicher Merkmale  +Einfluss genetischer Veränderungen	-Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen  +Gleiches Aussehen aller Individuen	+Entwicklungsbedingte Regeneration
<b>B</b>	-Weitergabe an direkte Nachkommen  ! Kontinuierliche Weitergabe			-Weitergabe an direkte Nachkommen  ! Kontinuierliche Weitergabe	
<b>C</b>	! Kontinuierliche Weitergabe	! Weitergabe ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge	! Einfluss genetischer Veränderungen	-Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen	
					-Graduelle Merkmalsveränderung über Generationen  +Weitergabe erworbener Schwanzlänge +Regeneration über Generationen

	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>C</b>		! Weitergabe ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge	! Einfluss genetischer Veränderungen	- Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen	
<b>D</b>	<u>kontextabhängige Bewertung</u> + Unbedeutendes Merkmal		+ Weitergabe bei Vorteilen	- Weitergabe bei Vorteilen	- Weitergabe bei Vorteilen
		- Individuen als Akteure	<u>kontextabhängige Bewertung</u> ! Auftreten gezielter Merkmale	<u>Wissen über den Kontext</u>	

#### 5.4.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

##### Offene Antwort

In den offenen Antworten wird zur Ablehnung der Vererbung der erworbenen Schwanzlänge zweimal die genetische Ebene genannt (aber nicht fachlich angemessen) und zweimal der Zusammenhang mit dem Verlust von Gliedmaßen. Zwei der Probanden gehen davon aus, dass die Schwanzlänge nachwächst. Insgesamt werden viele lebensweltliche Bezüge zur Beantwortung herangezogen. Die Ablehnung der Vererbung führt dazu, dass vier von fünf Probanden Übereinstimmungen in den Antworten finden. Vereinzelt kommen neue Aspekte (selbstständig generiert) oder Erweiterungen dazu.

Konzepte: MERKMALSSPEICHERUNG, NACHWACHSEN DES SCHWANZES, VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN, EINFLUSS GENETISCHER VERÄNDERUNGEN, VERLUST VON GENEN, ENTWICKLUNGSBEDINGTE REGENERATION

##### Antwort A

**Vereinbarkeit von Antwort A mit verschiedenen individuellen Vorstellungen** (alle Probanden)

Alle fünf Probanden entscheiden sich für die fachlich korrekte Antwortoption, aber aus unterschiedlichen Gründen. In den Begründungen der Zustimmung zu Antwort A werden alltagsbezogene Vorstellungen genannt, um die Weitergabe erworbener Merkmale abzulehnen. Keiner der Probanden kann eine fachlich angemessene Begründung für die Zustimmung nennen. Fachliche Ansätze unter Einbezug der genetischen Ebene oder Zellebene (Peter, Justus) werden teilweise eingebracht, stellen jedoch nur Ansätze dar.

Durch die Offenheit der Antwort kann Justus seine Vorstellung vom „Brauchen“ des Schwanzes als Grund für den normal langen Schwanz in Antwort A unterbringen, während Peter den normal langen Schwanz auf die Speicherung der Merkmalsausprägung zurückführt und damit gleichermaßen eine Übereinstimmung mit Antwort A findet. Zuvor in der freien Beantwortung geäußerte Vorstellungen werden dabei in einigen Fällen im Zusammenhang der Antworten präzisiert und erweitert, nicht aber durch eine direkte Bezugnahme zu den konkreten Antwortinhalten (z.B. Bea, Peter, Eva).



Konzepte: WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE, MERKMALSSPEICHERUNG IN DEN GESCHLECHTSZELLEN, WEITERGABE URSPRÜNGLICHER ODER ERWORBENER SCHWANZLÄNGE, WEITERGABE NÜTZLICHER MERKMALE, EINFLUSS GENETISCHER VERÄNDERUNGEN, GLEICHES AUSSEHEN ALLER INDIVIDUEN, ENTWICKLUNGSBEDINGTE REGENERATION

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lena (47-49):** Vielleicht ist das schon so im Körper. Wenn z.B. die Gene wachsen, dann wächst das so wie es eigentlich auch sein sollte und dann hat das nichts damit zu tun, ob die [Eltern] das davor anders hatten. (MERKMALSSPEICHERUNG IN DEN GENEN)

**Lars (198-191, 199-200, 222-224, 302-303):** [...] da muss irgendwas passieren, auch im Körper drin. Wenn man das einfach abschneidet, muss die nächste Generation das nicht auch haben, denn da muss was im Körper passieren. Da müssen Gene geändert werden, weil die Gene entwickelt werden, die müssen sich erst verändern. Die Kinder von der Maus sind aus den Genen der Maus gemacht. Und solange sich die Gene von der ersten Maus nicht verändern, verändern sich die von den Kindern auch nicht. Wenn man einmal den Schwanz abschneidet, dann hilft das nichts, weil sich die Gene nicht verändern und dann geht das immer weiter. (MERKMALSVERÄNDERUNG DURCH VERÄNDERUNG DER GENE)

**Max (84-88, 161):** Die haben auch einen Schwanz, weil wenn der abgeschnitten wird, ist das in der DNA gespeichert, dass sie einen Schwanz haben sollen und dass die Nachkommen auch einen Schwanz haben. (MERKMALSSPEICHERUNG IN DER DNA)

### **Fachliche Ansätze bei der Wahl der fachlich angemessenen Antwort (Peter, Eva)**

Die Probanden bringen fachlich orientierte Ansätze in ihre Aussagen ein, die auf die Vorstellung von einem Genotyp hinweisen. Die Speicherung von erblichen Merkmalen, oder die Bezugnahme zur genetischen Ebene oder Zellebene werden dabei genannt. Die Begriffe werden jedoch lebensweltlich verwendet und können nicht für eine fachlich angemessene Erklärung herangezogen werden. Dabei zeigt sich die Vorstellung einer Festlegung der Merkmale im Sinne einer Speicherung oder durch Festlegung auf genetischer Ebene. Mit dieser „internen“ Festlegung wird erklärt, weshalb die Nachkommen die gleiche Schwanzlänge haben. Deutlich dabei wird auch die Gleichsetzung der genotypischen mit der phänotypischen Ebene. Durch das gleiche Aussehen der Mäuse wird von einer genetischen Festlegung der Merkmale ausgegangen. Eva versteht die Veränderung der phänotypischen Ebene sogar als einen Verlust von Genen.

Konzepte: MERKMALSSPEICHERUNG, MERKMALSSPEICHERUNG IN DEN GESCHLECHTSZELLEN, VERLUST VON GENEN

### **Vererbung bei Verlust von Gliedmaßen** (Justus, Felix)

Bei der Zustimmung zur korrekten Antwort A wird oftmals der Bezug zum Verlust von Gliedmaßen beim Menschen hergestellt. Durch diese lebensweltliche Verbindung wird die Plausibilität der Antwortoption begründet. Der Alltagsbezug wird in den Explikationen mit der Kategorie „Alltagsbezug Mensch“ versehen.

Konzepte: ~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMÄßEN~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Max (121-128):** Ich habe Antwort A genommen, dass es keinen Einfluss hat. Wenn einem Menschen ein Finger abgeschnitten wird, dann wird sein Kind mit fünf Fingern geboren und nicht mit vier. (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMÄßEN~~)

**Nina (113-115):** Das hat keinen Einfluss, weil das auch beim Menschen so ist. Wenn einem Menschen ein Finger fehlt, dann hat nicht unbedingt das Kind von dem auch keinen Finger mehr. (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMÄßEN~~)

**Jens (165-172):** Antwort A habe ich nicht genommen, weil ich denke, dass sich das schon irgendwie verändert, wenn man einen Schwanz abschneidet [...]. Ein bisschen zwiespältig ist das schon, weil wenn ein Mensch einen Arm amputiert bekommt, hat dann der Urgroßenkel auch keinen verkürzten Arm. (~~VERERBUNG BEI VERLUST VON GLIEDMASSEN~~)

**Lars (191-193):** Beim Menschen ist das auch so, es gibt auch Leute die keine Hand haben oder keine Arme und die haben auch gesunde Kinder. (~~VERERBUNG BEI FEHLENDEN GLIEDMASSEN~~)

**Lena (26-28):** Es ist genauso wie bei uns. Wenn wir einen Arm gebrochen haben, muss es nicht sein, dass das dann auch bei den Anderen so ist. (~~VERERBUNG GESCHÄDIGTER GLIEDMASSEN~~)

### Antwort B

#### **Unterschiedliches Verständnis von Antwort B** (alle Probanden)

Antwort B wird unterschiedlich aufgefasst. Das Verständnis variiert dabei hinsichtlich des zeitlichen Einsetzens der Weitergabe (oder Vererbung) der erworbenen Merkmale. In Antwort B wird sowohl die Weitergabe an alle Nachkommen, als auch die Weitergabe an lediglich direkte Nachkommen angenommen. Die meisten Interviewpartner erkennen jedoch die Weitergabe an direkte Nachkommen.

Konzepte: WEITERGABE AN DIREKTE NACHKOMMEN, WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE

## Antwort C

### **Unterschiedliches Verständnis von Antwort C (alle Probanden)**

In Antwort C kommen mehr abweichende Auffassungen hinzu. Die erworbenen Merkmale können an mehrere folgende oder an alle folgenden Generationen weitergegeben werden. Zudem kann in Antwort C nach Auffassung einiger Probanden die Schwanzlänge graduell über mehrere Generationen abnehmen.

Konzepte: GRADUELLE MERKMALSABNAHME ÜBER GENERATIONEN, WEITERGABE AN MEHRERE GENERATIONEN, WEITERGABE ERWORBENER SCHWANZLÄNGE

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Nina (155-158):** Antwort C habe ich so verstanden: Der Schwanz von den Mäusen hat sich immer weiter zurückgebildet und die Mäuse hatten dann hinterher überhaupt keine Schwänze mehr und sie sind so auf die Welt gekommen. (GRADUELLE ABNAHME ÜBER GENERATIONEN)

**Jens (134-141):** Die ersten Generationen, die folgen, werden noch ganz normal aussehen, aber irgendwann wird sich das dann verkürzen. *Immer ein Stück mehr und irgendwann haben sie keinen Schwanz mehr.* Das braucht aber eine gewisse Zeit. (GRADUELLE ABNAHME ÜBER GENERATIONEN)

## Antworten B und C

### **Kontinuierliche Weitergabe (Peter, Bea und Eva)**

Sowohl in Antwort C (Peter, Bea) als auch in Antwort B (Bea) betonen Interviewpartner, dass die Weitergabe entweder ursprünglicher oder erworbener Merkmale erfolgt und nicht ein Wechsel, beispielsweise über Generationen. Die Weitergabe erfolgt dabei kontinuierlich.

Konzepte: KONTINUIERLICHE WEITERGABE, ERBEN URSPRÜNGLICHER ODER ERWORBENER SCHWANZLÄNGE

## Antwort D

### **Kontextabhängige Bewertung von Antwort D (Peter, Justus, Felix)**

In Antwort D wird oftmals weniger die Weitergabe erworbener Merkmale durch Vorteile in den Vordergrund gestellt, als die Vorteile durch den Verlust des Schwanzes an sich. Dabei geht Felix von der Ebene des kontextbezogenen Wissens an die Bewertung heran. Werden Vorteile durch einen ausbleibenden Schwanz abgelehnt, wird auch die

Antwortoption abgelehnt (Peter, Justus, Felix). Durch die Zentralität kontextbezogener Vorteile wird daher oftmals nicht das Konzept „Vererbung durch Vorteile“ erfasst.

Konzepte: UNWICHTIGES MERKMAL, AUFTRETEN GEZIELTER MERKMALE, WEITERGABE BEI VORTEILEN

Kategorien: Wissen über den Kontext, kontextabhängige Bewertung

### Wortverständnis

#### **Vererbung**

Das Wort Vererben wird in der Weismann-Aufgabe nicht verwendet und daher wird das Wortverständnis in diesem Kontext nicht überprüft. Die Probanden nutzen von sich aus die Vererbung selten zur Beschreibung ihrer Vorstellungen. Meistens sprechen sie vom „Bekommen“ von Merkmalen. In diesen Fällen werden die Konzepte beispielsweise nicht als „Vererbung erworbener Eigenschaften“ gebildet, sondern mit dem Wort Weitergabe versehen, dass dem Bekommen näher kommt.

Konzepte: WEITERGABE VON MERKMALEN

#### **Generation**

Nach Justus bezeichnet das Wort „Generation“ Verwandte unterschiedlichen Alters, die aufeinander folgen. Die anderen Interviewpartner verstehen es übereinstimmend mit der allgemein gültigen Definition.

Konzepte: GENERATION ALS AHNENFOLGE

#### **5.4.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Weismann-Aufgabe**

In der Weismann-Aufgabe geben alle Probanden die gleichen Inhalte wieder. Zunächst beschreiben sie die experimentelle Schwanzentfernung bei den Mäusen, durch die ein Zoologe erkennen möchte, ob die Nachkommen ebenfalls einen kurzen Schwanz haben. Schwierigkeiten im Verständnis ergeben sich für das Wort Zoologe (Peter, Felix), oder eine Definition dazu wird mit dem Interviewer nochmal abgestimmt (Eva). Nachfragen aus Unsicherheit ergeben sich zudem für das Wort Nachkommen (Peter) und das Wort Auswirkungen (Bea). Dass es in der Aufgabe um die Vererbung (oder Weitergabe) der erworbenen Merkmale geht, ist für alle Probanden verständlich.

## 5.5 Wildpferde-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zu genetischen Veränderungen in den Interviews überprüft.

**In einer Herde von Wildpferden wird ein Fohlen mit einer Veränderung in den Genen geboren. Welche Auswirkungen wird diese Veränderung im Leben des Fohlens haben?**

- a. Sie könnte keine Auswirkungen haben oder Vor- oder Nachteile gegenüber den Anderen ergeben.
- b. Das Fohlen wird gesundheitliche Probleme haben und früher sterben als die anderen Gruppenmitglieder.
- c. Das Fohlen hat bessere Voraussetzungen als die Anderen, ein besonders gesundes Pferd zu werden.
- d. Das Fohlen hat entweder Vorteile oder Nachteile gegenüber den anderen Gruppenmitgliedern.

### 5.5.1 Interview mit Peter

#### 5.5.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.5.1.2 Explikation

##### **Freie Antwort Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

Leitend bei der Erklärung der Auswirkungen genetischer Veränderungen ist bei Peter die Vorstellung von einer Andersartigkeit, die sich auf mehreren Ebenen äußert (ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). In der **freien Beantwortung** bezieht Peter dabei die morphologische, die soziale und die Verhaltensebene ein. Nachteile, als Hinweise auf eine Bewertung der genetischen Veränderungen, erwähnt er im Zusammenhang des Soziallebens (SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT).

Die morphologische, verhaltensbezogene, als auch die soziale Komponente kann Peter in den Antwortmöglichkeiten wiederfinden, die über die unspezifische Formulierung „Nach- oder Vorteile“ Spielraum für eigene konkretere Vorstellungen lassen. Durch die Antwortmöglichkeiten erweitert Peter seine Vorstellung um Auswirkungen auf die Gesundheit und die Lebensdauer. Zusätzlich zu den Nachteilen zieht Peter durch die Antwortoptionen auch Vorteile durch die genetische Veränderung in Erwägung (163-166). Dennoch legt Peter insgesamt den Schwerpunkt auf die Nachteile, bzw. hält er diese für wahrscheinlicher (338-339, 363-366, 373-374). Die negative Assoziation, die bereits in der freien Beantwortung auftrat, bleibt somit bestehen.

Die bereits frei herausgestellte Andersartigkeit verbindet Peter in den **Antworten B und C** mit den gesundheitlichen Vor- oder Nachteilen (334-335). Dabei argumentiert er auf genetischer Ebene in dem er die Einteilung in gesunde und ungesunde Gene vornimmt (GESUNDE GENE, UNGESUNDE GENE). Gesundheitliche Vor- und Nachteile waren für Peter bereits in der Geparden-Aufgabe plausibel. Den Aspekt des frühzeitigen Todes in Antwort B führt Peter auf unpassende Gene zurück (FRÜHZEITIGER TOD DURCH UNPASSENDE GENE). Der Passung von Genen räumt Peter einen großen Stellenwert ein, da er diese allgemein als Grund genetischer Veränderungen beschreibt (unpassende Gene führen zu genetischen Veränderungen). Diese ergeben sich wiederum durch interspezifische Verpaarungen (355-359) (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN DURCH INTERSPEZIFISCHE VERPAARUNG). Im Zusammenhang der Beschreibung der Ursachen genetischer Veränderung tritt dabei wieder die Vorstellung von einer Andersartigkeit (abnormaler Phänotyp) auf, bei der die negative Assoziation hervortritt. Über die **Antworten B und C** hinaus verknüpft Peter die Vorstellung von gesunden und ungesunden Genen, als auch passenden und unpassenden Genen mit den Vor- und Nachteilen in **Antwort A** (165-166). In den **Antworten A und D** sieht Peter eine weitgehende Übereinstimmung mit den für ihn wesentlichen Aspekten (VOR- UND NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN) (176-177). Die in den Antworten neu hinzugekommenen Vorteile bezieht er damit ein. Erst auf Nachfrage berücksichtigt Peter den Aspekt „keine Auswirkungen“, den er ablehnt (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN). Entsprechend wird die Ablehnung erst durch den Einfluss des Interviewers hervorgerufen.

Die Vor- oder Nachteile in **Antwort D** konkretisiert Peter unter Hinzuziehen der bereits **frei geäußerten** sozialen Nachteile. Dabei setzt er diese in einen Zusammenhang: Durch anderes Verhalten oder Aussehen resultieren soziale Nachteile (z.B. Abgestoßen

werden) (SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT). Den sozialen Aspekt nutzt Peter primär um die negativen Auswirkungen der genetischen Veränderung zu beschreiben. Vorteile, die er zuvor nicht direkt angesprochen hat, kann er sich vorstellen und beschreibt diese als Möglichkeit trotz der genetischen Veränderung eine Anpassung in den „Normalzustand“ zu erreichen (169-170, 378-379) (VORTEILE BEI NORMALISIERUNG). Darin zeigt sich, dass Peter die Vorteile als ursprünglich negativ versteht. Da er die Vorteile nicht grundsätzlich ablehnt, scheinen sie für ihn als Antwortaspekt akzeptabel zu sein.

Da Peter weder Vor- noch Nachteile konsequent ablehnt, findet er in jeder Antwort plausible Aspekte. Vorstellungserweiterungen ergeben sich primär durch die Inhalte der Antworten B und C, die dann zu weiteren eigenständigen Vorstellungsaspekten führen, die wiederum auf die anderen Antwortoptionen übertragen werden.

### 5.5.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.33: Konzepte Wildpferde-Aufgabe von Peter und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Andersartigkeit
Andersartigkeit durch genetische Veränderungen	Erweiterung Neuer Aspekt	✓ B +Ungesunde Gene +Frühzeitiger Tod durch unpassende Gene
	Erweiterung	✓ C +Gesunde Gene
Soziale Nachteile durch Andersartigkeit	Übereinstimmung, Erweiterung Neuer Aspekt	✓ D +Vor- und Nachteile durch gen. Ver. +Soziale Nachteile durch Andersartigkeit +Vorteile durch Normalisierung
	Übereinstimmung <u>Ignorieren von Antwortaspekten</u>	✓ A x +Vor- oder Nachteile durch gen. Ver. +Gen. Ver. haben Auswirkungen
	antwortunabhängig	+Andersartigkeit durch gen. Ver. +Gen. Ver. durch interspezifische Verpaarung

Peter kann seine freie Antwort in Teilen mit allen Antworten vereinen und erweitert seine Vorstellungen durch die Antwortoptionen bzw. greift neue Aspekte auf oder generiert sie selbst neu im Zusammenhang der Antworten (Tabelle 5.33). Die Antworten A und D setzt er gleich und ignoriert dabei Unterschiede. Da es in allen Antworten um

Vor- und Nachteile geht, verknüpft er die Antworten miteinander und unterscheidet sie nicht klar voneinander. Die Konzepte können daher auch nicht logisch einzelnen Antworten zugeordnet werden.

## 5.5.2 Interview mit Bea

### 5.5.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.5.2.2 Explikation

#### Freie Antwort Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bea bringt in ihre Erklärungen zu den Auswirkungen der genetischen Veränderung die Assoziation mit den Bedingungen für ein Hauspferd ein. Durch einen Hinweis auf die Wildpferde im Itemstamm differenziert sie ihre Antwort in Auswirkungen für ein Wildpferd, bzw. Hauspferd (UNTERSCHIEDE FÜR HAUS- UND WILDFORM). Trotz des Hinweises auf den Bezug Wildpferd in der Fragestellung nennt sie die Hauspferde in den Antwortmöglichkeiten im Hinblick auf Vorteile erneut. Insgesamt überwiegt die negative Assoziation mit der genetischen Veränderung.

Nach Beas Vorstellung in der **freien Beantwortung** haben genetische Veränderungen physiologische (Sehstärke) oder morphologische (Bein oder Huf) Nachteile (KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). In den Antworten zieht sie diese Vorstellungen erneut heran, um konkrete Beispiele zu nennen. Neben den Nachteilen erwähnt Bea auch „keine Auswirkungen“. Diese ergeben sich durch medizinische Versorgung, die eine Neutralisierung der Probleme ermöglicht. Genetische Veränderungen bewirken somit primär Auswirkungen im negativen Sinne, können aber durch menschlichen Eingriff behandelt werden (MEDIZINISCHE HILFE MINDERT AUSWIRKUNGEN). Nicht nur mit den Veränderungen der Gene sondern auch mit Genen an sich hat Bea eine negative Assoziation. Sehr unsicher mit einer Definition zeichnet sich bei Bea die Vorstellung von fehlerhaften Merkmalen ab (GENE ALS FEHLERHAFTE MERKMALE).

Bea entscheidet sich für **Antwort D**, in der lediglich Vor- und Nachteile enthalten sind. Die Vor- und Nachteile der Antwortoptionen beschreibt sie vergleichbar mit den physischen und morphologischen Nachteilen, die sie in der freien Beantwortung genannt hat (KÖRPERLICHE VOR- UND NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Körperliche Vorteile kommen dabei neu hinzu. Im Zusammenhang morphologischer



Vorteile bezieht sie diese auf die Lebensdauer, weil ihrer Meinung nach das Risiko sinkt, zur Beute zu werden (VORTEILE DURCH GERINGES BEUTERISIKO). Das Sterberisiko greift Bea dabei in Antwort B neu auf und ergänzt ihre Vorstellung dadurch.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort A** stimmt Bea zunächst zu, weil sie nur die enthaltenen Vor- und Nachteile berücksichtigt (KÖRPERLICHE VOR- UND NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, Zustimmen von Antwortaspekten). Sie lehnt die Antwort ab, als sie auf den Aspekt „keine Auswirkungen“ eingeht, da sie für den Kontext „Wildpferde“ Auswirkungen annimmt (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN). Für Bea ist somit der Bezug zur Wild- oder Hausform des Pferdes entscheidend. Auswirkungen werden dabei nicht mit den Vor- und Nachteilen gleichgesetzt, die Bea beschreibt (z.B. morphologische Nachteile). Vielmehr versteht sie darunter sekundäre Nachteile, die sich durch die körperliche Veränderung ergeben. Das äußert sich z.B. in der Aussage: „Es könnte immer wieder Auswirkungen haben, so dass es dann vielleicht mal weh tut.“ (172-173) (AUSWIRKUNGEN SIND SEKUNDÄRE NACHTEILE).

In **Antwort B** bewertet Bea die Kombination von frühzeitigem Tod und gesundheitlichen Problemen als nicht logisch, da ein „Husten“ ihrer Meinung nach nicht tödlich ausgeht (334-336) (~~FRÜHZEITIGER TOD DURCH KRANKHEIT~~). An dieser Stelle zeigt sich auch, dass sie zwischen den gesundheitlichen und den morphologischen Nachteilen unterscheidet. Letztere können ihrer Meinung nach durch das Handicap mit dem Risiko verbunden sein schneller zur Beute zu werden, wodurch dann auch ein frühzeitiger Tod eintreten kann (333-336, 355-356) (FRÜHZEITIGER TOD ALS BEUTEOPFER). Daraus ergibt sich eine Ergänzung ihrer Vorstellungen hinsichtlich der Nachteile, die sowohl antwortbezogene (frühzeitiger Tod), als auch eigene hinzugefügte Aspekte enthält (Beuteopfer).

Während Bea im Kontext von **Antwort D** Vorteile als morphologische Begünstigungen (ein Bein mehr) beschreibt, lehnt sie die gesundheitlichen Vorteile in **Antwort C** ab, weil das Fohlen „nicht mehr richtig gesund werden kann“ (169-170). Als Begründung nennt sie die mangelnde gesundheitliche Versorgung des Wildpferdes (NACHTEILE DURCH MANGELNDE VERSORGUNG). Darin wird deutlich, dass sie, vergleichbar mit der freien Beantwortung, von ursprünglich negativen Veränderungen ausgeht, die lediglich durch medizinische Versorgung behandelt werden können. Damit greift sie den bereits in der freien Beantwortung genannten Aspekt auf. Als Beispiel nennt sie hier

einen fehlenden Huf (morphologischer Nachteil), wodurch sie einen Widerspruch zur zuvor beschriebenen Unterscheidung von gesundheitlichen und morphologischen Aspekten herstellt (Antwort B). Die Erklärung zu diesem Widerspruch ist allerdings nicht sinnvoll auswertbar.

Eine konsistente Vorstellung von Vor- und Nachteilen einer genetischen Veränderung hat Bea somit nicht. Zeitweilig ergeben sich Widersprüche, die nur wenig nachvollziehbar erklärt werden können.

### 5.5.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.34: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Bea und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Unterschiede für Haus- und Wildform	zentraler Aspekt	Unterschiede für Haus- und Wildform
Körperliche Nachteile durch gen. Ver.	Beibehaltung Neuer Aspekt	✓ D +Körperliche Vor- und Nachteile durch gen. Ver. +Vorteile durch geringes Beuterisiko
Medizinische Hilfe mindert Auswirkungen	<u>Zustimmen von Antwortaspekten</u> Neuer Aspekt	x A +Körperliche Vor- und Nachteile durch gen. Ver. +Gen. Ver. haben Auswirkungen +Auswirkungen sind sekundäre Nachteile
Gene als fehlerhafte Merkmale	Beibehaltung	x B -Frühzeitiger Tod durch Krankheit +Frühzeitiger Tod als Beuteopfer
		x C -Gesundheitliche Vorteile +Nachteile durch mangelnde Versorgung

Bea kann eine Übereinstimmung mit Antwort D finden und hebt dabei die Nach- und Vorteile hervor (Tabelle 5.34). Zwar erweitert Bea ihre Vorstellung um Vorteile erst durch die Antworten, dennoch stellt sie für die Inhalte der Antwort D eine Übereinstimmung mit ihrer freien Antwort fest. Nicht gleichermaßen deutlich wie bei Peter, werden bei Bea auch Aspekte antwortübergreifend genutzt.

### 5.5.3 Interview mit Justus

#### 5.5.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.5.3.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Für Justus sind sowohl Vor- als auch Nachteile einer genetischen Veränderung vorstellbar, wobei er sich darauf bezieht, dass verschiedene Genveränderungen auftreten können.

Justus spricht in seiner **freien Beantwortung** von negativen Auswirkungen durch die genetische Veränderung, Vorteile kommen lediglich durch besondere Fürsorge zustande, der aber eine Benachteiligung vorausgeht (FÜRSORGE ALS SEKUNDÄRER VORTEIL). Soziale Reaktionen können jedoch auch nachteilig sein, sodass der Betroffene mit der genetischen Veränderung zum Außenseiter wird (AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT). Die Veränderungen umschreibt er dabei als Andersartigkeit, die er im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten dann durch die enthaltenen Wörter, wie z.B. Nachteile, ersetzt (ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNG). Beispiele dafür sind nach Justus Krankheiten oder Beeinträchtigungen der Fortbewegung (KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Es zeigt sich, dass Justus durch die Wortverwendung „Veränderung“ Auswirkungen voraussetzt („...dann würde man es nicht Genveränderung nennen“, 443-444). Der suggestive Charakter der genetischen Veränderung nimmt somit Einfluss auf die Vorstellungsgenerierung bei Justus und die Bewertung der Antworten. Die soziale Auswirkung, die Justus in der freien Beantwortung beschreibt, greift er im Zusammenhang der Antworten nicht erneut auf. Über die Antwortmöglichkeiten kommen die gesundheitlichen Auswirkungen und der Bezug zur Lebensdauer neu hinzu. Die in der freien Beantwortung genannte negative Belastung ergänzt er durch körperliche Vorteile, die er in den entsprechenden Antworten aufgreift. Eine genetische Veränderung führt nach Justus‘ Definition zu einer Andersartigkeit, die dadurch zustande kommt, dass die Gene der Eltern nicht zusammenpassen (GENETISCHE VERÄNDERUNG DURCH UNPASSENDE GENE).

**Antwort B** bietet erweiternde Ansätze zu den in der freien Beantwortung beschriebenen Nachteilen. Mit den gesundheitlichen Problemen verbindet Justus Herzprobleme, die

seiner Meinung nach Beeinträchtigungen der Laufleistung verursachen können, was er bereits in der freien Beantwortung angesprochen hat (KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH KRANKHEIT). So lassen sich für ihn diese beiden Aspekte zusammenführen. Den frühzeitigen Tod als neu hinzukommender Aspekt führt Justus sowohl auf die gesundheitlichen Nachteile an sich, als auch auf das Risiko durch die Beeinträchtigung zum Beuteopfer werden zu können, zurück (FRÜHZEITIGER TOD DURCH KRANKHEIT, FRÜHZEITIGER TOD ALS BEUTEOPFER). An dieser Stelle werden damit sowohl direkte körperliche Nachteile als auch durch die körperlichen Nachteile hervorgerufene sekundäre Nachteile (Beuteopfer) angesprochen, die Justus selbst einbringt.

Wie Antwort B ist auch **Antwort C** für Justus plausibel (GESUNDHEITLICHE VORTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Beispielhaft nennt er ein besseres Immunsystem. Mit den gesundheitlichen Vorteilen kommt ein neuer Vorstellungsaspekt hinzu, den er in der freien Beantwortung nicht genannt hat. Die **Antworten B und C** lassen sich für Justus über Antwort D zusammenführen, weshalb er sich für **Antwort D** entscheidet. Er stellt auf Nachfrage aber Unterschiede zwischen den gesundheitlichen Aspekten und den frei formulierten Vor- und Nachteilen fest. Dabei unterscheidet er zwischen gesundheitlichen Zuständen (wie Herzleiden) und anderen Vor- und Nachteilen, die morphologisch bedingt sind (ein Bein weniger) (GESUNDHEITLICHE ≠ MORPHOLOGISCHE NACHTEILE). Vorteile beschreibt Justus in Antwort D über die sozialen (vgl. freie Beantwortung) und die gesundheitlichen Vorteile (Antwort C) hinaus als morphologische Vorteile (mehr Muskelmasse) (MORPHOLOGISCHE VORTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNG). Justus betont, dass verschiedene Genveränderungen auftreten können, weshalb **Antwort D** für ihn am besten passt (VERSCHIEDENE GENVERÄNDERUNGEN). Gleichzeitig sieht er darin Parallelen zur eigenen (freien) Beantwortung.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort A** wird von Justus abgelehnt, weil er von Auswirkungen durch genetische Veränderungen ausgeht (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN).

### 5.5.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.35: Konzepte Wildpferde-Aufgabe von Justus und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Andersartigkeit durch gen. Ver.	zentraler Aspekt	Vor- oder Nachteile durch gen. Ver.
	Erweiterung	✓ B +Körperliche Nachteile durch Krankheit +Frühzeitiger Tod durch Krankheit +Frühzeitiger Tod als Beuteopfer
Fürsorge als sekundärer Vorteil	Neuer Aspekt	
	Neuer Aspekt	✓ C Gesundheitliche Vorteile durch gen. Ver. Gesundheitliche ≠ morphologische Nachteile
Außenseiter durch Andersartigkeit		
	Übereinstimmung	✓ D +Morphologische Vorteile durch gen. Ver. +Verschiedene Genveränderungen
Körperliche Nachteile durch gen. Ver.		x A +Gen. Ver. haben Auswirkungen

Justus nennt bereits Vor- und Nachteile auf körperlicher und sozialer Ebene in seiner freien Antwort und greift diese erneut im Rahmen der Antworten auf (Tabelle 5.35). Die Antworten B und C erweitern die Vorstellung durch den Aspekt der Lebensdauer und die körperlichen Vorteile.

### 5.5.4 Interview mit Felix

#### 5.5.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.5.4.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei Felix ist die Fehlerhaftigkeit durch falsche Gene wesentlich, die dann zu verschiedenen nachteiligen Konsequenzen führt. Er beschreibt sowohl soziale als auch körperliche Nachteile der genetischen Veränderung. Die sozialen Nachteile ergeben sich dabei sekundär durch die körperlichen Einschränkungen.

Sowohl in der **freien Beantwortung** als auch in den Antwortmöglichkeiten spricht er dabei von einer Fehlerhaftigkeit der Körperfunktionen. Die Fehlerhaftigkeit bezieht er an einigen Stellen auf die Gehirnleistung (Hirnstörung), an anderen Stellen auf andere Körperbereiche (langsame Fortbewegung) (FEHLERHAFTIGKEIT DER KÖRPERFUNK-

TIONEN, KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Diese Handicaps führen zu sozialen Nachteilen (AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT), die dadurch entstehen, dass das Fohlen mit der Herde nicht mithalten kann. Die Nachteile führt er darauf zurück, dass das Fohlen mit anderen Genen geboren wurde, als die Artgenossen (FEHLERHAFTIGKEIT DURCH ANDERE GENE). Durch die Antwortmöglichkeiten kann Felix seine Vorstellung von Nachteilen um die Aspekte gesundheitliche Probleme und frühzeitiger Tod erweitern, findet aber auch seine freigeäußerten Vorstellungen in den Antworten wieder. Nachteile durch genetische Veränderungen stehen bei Felix deutlich im Vordergrund.

Im Kontext von **Antwort D** lehnt Felix die Vorteile ab, rechtfertigt seine Antwortwahl aber damit, dass durch die „entweder-oder“ Formulierung seiner Meinung nach die Zustimmung zu den Nachteilen und nicht den Vorteilen mit der Antwort vereinbar ist (NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, Zustimmung zu Antwortaspekten). Für die zutreffenden Aspekte spricht er von einer Übereinstimmung mit seiner freien Antwort. Felix entscheidet sich zudem für **Antwort B**, da er sich den Zusammenhang gesundheitlicher Probleme und kurzer Lebensdauer gut vorstellen kann (FRÜHZEITIGER TOD DURCH KRANKHEIT). Damit greift er neue Aspekte auf und ergänzt seine Vorstellung hinsichtlich möglicher Auswirkungen. Zudem kann er die bereits in der freien Beantwortung und im Kontext von Antwort A genannte „Falschentwicklung“ (341) durch die Gene einbringen (AUSWIRKUNGEN DURCH FALSCHHE GENE). Diese Aspekte sind für Felix vereinbar mit den gesundheitlichen Problemen, die zu einem früheren Tod führen können.

Auf Nachfrage hinsichtlich der Unterschiede zwischen den gesundheitlichen Nachteilen und Nachteilen in **Antwort D** grenzt er die gesundheitlichen Nachteile von den in der **freien Beantwortung** genannten morphologischen Auswirkungen (verkrüppelter Huf) ab (GESUNDHEITLICHE ≠ MORPHOLOGISCHE NACHTEILE).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die Bewertung von **Antwort A** verändert sich im Laufe der Auseinandersetzung mit den Antworten. Zunächst stimmt er dieser zu, weil er auch „keine Auswirkungen“ der genetischen Veränderung plausibel findet. Dann überwiegt jedoch die Ablehnung, weil er von Auswirkungen durch die genetische Veränderung ausgeht, die er auf falsche Gene zurückführt (AUSWIRKUNGEN DURCH FALSCHHE GENE). Dabei betont er, wie bereits in der freien Beantwortung, dass das Fohlen durch die Veränderung „anders im

Kopf“ sei (367-368) (GEISTIGE ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Gleichzeitig bezieht Felix seine Definition von Genen auch auf die geistige Ebene. Damit ist er sich allerdings unsicher, sodass kein Konzept formuliert wird.

Dass er Vorteile generell für abwegig hält, zeigt sich auch darin, dass er **Antwort C** als unpassend bewertet, weil das Fohlen „schon behindert geboren wird“ (174-175) (ANGEBORENE BEHINDERUNG). Genannte Vorteile werden nur auf Nachfrage genannt und nicht von ihm selbst angesprochen. Dabei nennt er physiologische Vorteile, wie den Geschmackssinn (PHYSIOLOGISCHE VORTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, Unwesentlicher Aspekt).

### 5.5.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.36: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Felix und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Fehlerhaftigkeit durch andere Gene
Fehlerhaftigkeit der Körperfunktionen	Übereinstimmung <u>Zustimmen von Antwortaspekten</u>	✓ D +Nachteile durch gen. Ver.
Körperliche Nachteile durch gen. Ver.		Gesundheitliche ≠ morphologische Nachteile
Außenseiter durch Andersartigkeit	Neuer Aspekt Beibehaltung	✓ B +Frühzeitiger Tod durch Krankheit +Auswirkungen durch falsche Gene
Fehlerhaftigkeit durch andere Gene		x A +Auswirkungen durch falsche Gene +Geistige Andersartigkeit durch gen. Ver.
	<u>Unwesentlicher Aspekt</u>	x C +Angeborene Behinderung +Physiologische Vorteile durch gen. Ver.

Felix betont bereits in der freien Antwort die negative Assoziation mit genetischen Veränderungen und behält diese Perspektive auch in der Antwortbewertung bei. Übereinstimmungen findet er in Antwort D, obwohl er nur dem Aspekt der Nachteile zustimmt. In Antwort B findet er ebenfalls negative Auswirkungen in Form von gesundheitlichen Nachteilen. Diese Variante greift er dabei neu auf.

## 5.5.5 Interview mit Eva

### 5.5.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.5.5.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Evas Erklärungen der Auswirkungen genetischer Veränderungen wird deutlich, dass sie eine negative Vorstellung von genetischen Veränderungen hat. Konkrete nachteilige Auswirkungen, die Eva in ihrer freien Beantwortung beschreibt, kann sie in den Antwortmöglichkeiten wiederfinden. Die gleichzeitig enthaltenen Vorteile in einigen Antworten kommen als neue Aspekte hinzu. Vorteile sind für Eva jedoch auch immer mit Nachteilen behaftet. Entweder ergeben sich die Vorteile durch besondere Fürsorge auf Grund körperlicher Andersartigkeit, oder besondere körperbezogene Vorteile werden durch soziale Nachteile in ihrer Vorteilhaftigkeit gemindert. Die bereits in der freien Beantwortung beschriebenen Nachteile bleiben in den Antwortmöglichkeiten weitestgehend bestehen.

Gene beschreibt Eva als gleiche Merkmale bei Verwandten und führt dies auf die Ähnlichkeit mit ihrem Vater zurück (GENE BEWIRKEN ÄHNLICHKEIT). Eine genetische Veränderung ist dann eine Andersartigkeit die im Vergleich zu Familienmitgliedern somit eine Abweichung der Merkmale darstellt (ABWEICHENDE MERKMALE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Dass die Andersartigkeit über den familiären Kontext hinausreicht, zeigt sich darin, dass sie das Fohlen als Außenseiter beschreibt, das „gemobbt oder gehänselt“ wird. Dabei wird das allgemeine soziale Umfeld angesprochen.

In der **freien Beantwortung** stellt Eva die Außenseiterrolle in den Vordergrund (AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT), die durch die Ablehnung der Herde entsteht. Konkrete Änderungen in den Genen können dabei Krankheiten sein (KRANKHEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Nachteile ergeben sich zudem durch das Risiko eines frühzeitigen Todes, den Eva allerdings nicht direkt auf die körperliche Veränderung bezieht sondern durch die Ablehnung der Herde. Abgesondert vom Herdenverband, hat das Fohlen dann das Risiko zum Beuteopfer zu werden (FRÜHZEITIGER TOD ALS BEUTEOPFER).



In der freien Beantwortung genannte gesundheitliche Nachteile und das Risiko eines frühzeitigen Todes findet Eva in **Antwort B** wieder (KRANKHEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNG, FRÜHZEITIGER TOD DURCH KRANKHEIT). Eva erkennt die Übereinstimmung der Antwort mit ihrer freien Antwort. Zwar nennt sie nicht erneut den in der freien Antwort beschriebenen Zusammenhang von der sozialen Ablehnung und dem Risiko dadurch schneller zum Beuteopfer zu werden, aber durch ihren Vergleich ist anzunehmen, dass sie Antwort B als mit ihren Vorstellungen vereinbar auffasst.

Parallel zu Antwort B erscheinen Eva auch die **Antworten A und D** plausibel. Die in Antwort A enthaltenen Vorteile beschreibt sie als besondere Fürsorge durch Artgenossen, wobei die genetische Veränderung an sich eine negative Auswirkung auf körperlicher Ebene hat (FÜRSORGE ALS SEKUNDÄRER VORTEIL). Gleichzeitig können soziale Nachteile aber auch auf körperliche Benachteiligungen folgen (ABLEHNUNG DURCH KÖRPERLICHE NACHTEILE). Erst auf Nachfrage geht Eva darauf ein, ob eine genetische Veränderung auch keine Auswirkungen haben könnte (Unwesentlicher Aspekt). Dabei beschreibt sie die Möglichkeit, dass ein Betroffener die soziale Ablehnung ignorieren könnte. Je nach Ausprägung der Veränderung ist die Auswirkung stärker oder auch gar nicht vorhanden (MÖGLICHKEIT VON AUSWIRKUNGEN). Auswirkungen werden somit nicht direkt mit der genetischen Veränderung gleichgesetzt, sondern mit den daraus resultierenden Konsequenzen, hauptsächlich auf sozialer Ebene (AUSWIRKUNGEN SIND SEKUNDÄRE NACHTEILE). Insgesamt tritt bei der Bewertung von Antwort A die Zentralität der Nachteile hervor (NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN), auch wenn sie ihre Vorstellung um die enthaltenen Vorteile ergänzt, die sie als Fürsorge einordnet.

Im Zusammenhang der Ablehnung von Antwort C und in **Antwort D** betont sie erneut, dass sie grundsätzlich eine negative Vorstellung von genetischen Veränderungen hat (NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN). Als Grund der Angemessenheit ihrer Zustimmung zu Antwort D nennt sie soziale Nachteile, die sich gleichermaßen durch geistige Vor- und Nachteile ergeben können (GENETISCH BEDINGTE GEISTIGE VORTEILE, GENETISCH BEDINGTE GEISTIGE NACHTEILE, SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT). Damit begründet sie, dass sie die Nachteile hervorhebt, aber auch für die in der Antwort enthaltenen Vorteile eine Erklärung hat. Neu kommt dabei hinzu, dass sie Nachteile, aber auch Vorteile auf geistiger Ebene anspricht.

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

Dass Eva körperliche Vorteile ausschließt, wird gestützt durch ihre Ablehnung der **Antwort C** (~~KÖRPERLICHE VORTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN~~).

#### 5.5.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.37: Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe von Eva und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Primäre oder sekundäre Nachteile
Außenseiter durch Andersartigkeit	Beibehaltung Neuer Aspekt Beibehaltung <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	✓ A +Nachteile durch gen. Ver. +Fürsorge als sekundärer Vorteil +Ablehnung durch körperliche Nachteile +Möglichkeit von Auswirkungen +Auswirkungen sind sekundäre Nachteile
Krankheit durch gen. Ver.	Übereinstimmung Erweiterung	✓ B +Krankheit durch gen. Ver. +Frühzeitiger Tod durch gesundheitliche Veränderung
Frühzeitiger Tod als Beuteopfer	Übereinstimmung	+Frühzeitiger Tod als Beuteopfer
	Beibehaltung Neue Aspekte	✓ D +Nachteile durch gen. Ver. +Gen. bedingte geistige Vorteile +Gen. bedingte geistige Nachteile +Soziale Nachteile durch Andersartigkeit
		x C -Körperliche Vorteile durch gen. Ver.
	antwortunabhängig	Abweichende Merkmale durch gen. Ver. Gene bewirken Ähnlichkeit

Eva findet ihre negative Vorstellung von genetischen Veränderungen in den Antworten A und B wieder, hält aber auch bei der Bewertung von Antwort D ihre freie Vorstellung bei (Beibehaltung) (Tabelle 5.37). Im Rahmen der Antwortbewertung kommen neue Aspekte, wie die sozialen Vorteile, hinzu. Die Möglichkeit, dass auch keine Auswirkungen durch eine genetische Veränderung resultieren, scheint ihr nicht wichtig zu sein, sie lehnt diesen Aspekt aber auch nicht ab. Die Zustimmung bezieht sich primär auf die Vor- und Nachteile.

#### 5.5.5.4 Vergleich der Konzepte zur Wildpferde-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.38: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Wildpferde-Aufgabe (Bewertung genetischer Veränderungen).

	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>A</b>	+ Gen. Ver. haben Auswirkungen  + Vor- und Nachteile durch gen. Ver.	+ Gen. Ver. haben Auswirkungen  + Körperliche Vor- und Nachteile durch gen. Ver.	+ Gen. Ver. haben Auswirkungen		+ Möglichkeit von Auswirkungen  + Nachteile durch gen. Ver.
		+ Auswirkungen sind sekundäre Nachteile		+ Auswirkungen durch falsche Gene  + Geistige Andersartigkeit durch gen. Ver.	+ Auswirkungen sind sekundäre Nachteile  + Ablehnung durch körperliche Nachteile
<b>B</b>	+ Frühzeitiger Tod durch unpassende Gene  + Ungesunde Gene	- Frühzeitiger Tod durch Krankheit  + Frühzeitiger Tod als Beuteopfer	+ Frühzeitiger Tod durch Krankheit  + Körperliche Nachteile durch Krankheit + Frühzeitiger Tod als Beuteopfer	+ Frühzeitiger Tod durch Krankheit  + Auswirkungen durch falsche Gene	+ Frühzeitiger Tod durch Krankheit  + Krankheit durch gen. Ver.

	<b>Peter</b>	<b>Bea</b>	<b>Justus</b>	<b>Felix</b>	<b>Eva</b>
<b>C</b>	+Gesunde Gene	-Gesundheitliche Vorteile durch gen. Ver. +Nachteile durch mangelnde Versorgung	+Gesundheitliche Vorteile durch gen. Ver.	+Angeborene Behinderung	-Körperliche Vorteile durch gen. Ver.
<b>D</b>	+Vorteile durch Normalisierung +Soziale Nachteile durch Andersartigkeit	+Körperliche Vor- und Nachteile durch gen. Ver. +Vorteile durch geringes Beuterisiko	+Verschiedene Genveränderungen	+Nachteile durch gen. Ver.	+Nachteile durch gen. Ver.  +Soziale Nachteile durch Andersartigkeit  +Gen. bedingte geistige Vorteile +Gen. bedingte geistige Nachteile

### 5.5.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

Vier Interviewpartner sprechen in der offenen Antwort soziale Nachteile oder die Position als Außenseiter durch genetische Veränderungen an. Vier Probanden stellen die Andersartigkeit in den Vordergrund, in drei Fällen verbunden mit der Außenseiterposition. Neben den sozialen werden auch körperliche Nachteile von vier Probanden genannt. In diesem Zusammenhang stellen zwei Interviewpartner die Fehlerhaftigkeit der veränderten Strukturen heraus. Neue Aspekte kommen durch die Antworten bei allen Teilnehmern hinzu, alle Probanden finden in den Antworten Übereinstimmungen oder beibehaltene Vorstellungen. In drei Fällen findet eine Vorstellungserweiterung statt.

Konzepte: ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT, KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, FEHLERHAFTIGKEIT DURCH ANDERE GENE, FEHLERHAFTIGKEIT DER KÖRPERFUNKTIONEN, AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT.

#### Antwort A

##### **Genetische Veränderungen haben Auswirkungen** (Peter, Bea, Justus, Felix)

Die meisten Probanden sind der Meinung, dass genetische Veränderungen Auswirkungen haben, und lehnen daher den Aspekt „keine Auswirkungen“ in der Antwort A ab.

Konzepte: GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN, AUSWIRKUNGEN DURCH FALSCHES GENE

##### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Max (50-52):** Antwort A habe ich nicht genommen, weil ich glaube Auswirkungen wird es schon haben und ich denke nicht, dass es überhaupt keine Auswirkungen geben wird, ich weiß aber selber nicht wieso. (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN)

**Jens (36-44):** Es kann sein, dass das keine Beeinträchtigung ist, aber es ist auf jeden Fall eine Auswirkung da. Vielleicht funktioniert das eine Organ nicht mehr richtig, aber das würde dann nichts ausmachen. (GENETISCHE VERÄNDERUNGEN HABEN AUSWIRKUNGEN)

**„Keine Auswirkungen“ als unbedeutende körperliche oder soziale Auswirkung**  
(Eva)

Keine Auswirkungen werden von Eva auf die soziale Ebene übertragen. Wenn sich der Betroffene nicht an den Reaktionen Anderer stört, entstehen keine Auswirkungen. Sie bezieht sich dabei auf Menschen und nicht auf Wildpferde. Keine Auswirkungen werden von anderen Schülern mit phänotypischen Ausprägungen verbunden, die unauffällig sind. Auswirkungen auf den Phänotyp werden jedoch in beiden Fällen angenommen.

Konzepte: MÖGLICHKEIT VON AUSWIRKUNGEN, AUSWIRKUNGEN SIND SEKUNDÄRE NACHTEILE

**Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lars (21-24):** [...] das muss nicht unbedingt sein, dass da Nachteile sind oder Vorteile. Es kann auch sein, dass da was ist was zu nichts zu gebrauchen ist, vielleicht ein zweiter Schwanz oder so. (UNWESENTLICHE AUSWIRKUNG)

**Nina (89-90):** Wenn es dann mit veränderten Genen geboren wird, zeigt sich das vielleicht irgendwie nicht. (UNWESENTLICHE AUSWIRKUNG)

Antwort B

**Frühzeitiger Tod als Beuteopfer** (Bea, Justus, Eva)

Die Verbindung der gesundheitlichen Probleme als Auswirkungen einer genetischen Veränderung und der frühzeitige Tod des Betroffenen passen in mehreren Fällen nicht mit den Vorstellungen der Probanden überein. Eva und Bea beziehen den frühzeitigen Tod nicht auf die gesundheitlichen Probleme, sondern auf das Risiko durch das Handicap zum Beuteopfer zu werden. Justus kann sich sowohl den frühzeitigen Tod eines Betroffenen direkt durch gesundheitliche Probleme vorstellen, als auch durch die Möglichkeit schneller zur Beute zu werden. Antwortoption B, in welcher ein frühzeitiger Tod auf die gesundheitlichen Probleme folgt, wird aber nur von Bea abgelehnt. Das Konzept des frühzeitigen Todes als Beuteopfer wird dabei von den entsprechenden Probanden selbst, bzw. lediglich in Anlehnung an die Antwortinhalte der Antwort B generiert.

Konzepte: FRÜHZEITIGER TOD ALS BEUTEOPFER

## Antworten A, B und D

### **Primäre und sekundäre Nachteile** (alle Probanden)

Nachteile werden als Konsequenz einer genetischen Veränderung in den Vordergrund gestellt. Dabei werden Vorteile in den freien Beantwortungen der Aufgabe kaum genannt. Es wird lediglich die Unterstützung durch Andere beschrieben, die auf die körperliche Benachteiligung folgt. Die von den Probanden genannten Nachteile beziehen sich zum einen auf direkte Konsequenzen der genetischen Veränderungen, wie körperliche Veränderungen (primäre Nachteile) und zum anderen auf sekundäre Nachteile, wie soziale Ablehnungen, die sich aufgrund der körperlichen Veränderungen ergeben. Die negativen Vorstellungen werden dabei nicht auf bestimmte Antwortoptionen bezogen, obwohl z.B. gesundheitliche Nachteile mit Bezug auf die Antwortinhalte überwiegend im Zusammenhang von Antwort B beschrieben werden. Nachteile durch genetische Veränderungen werden bereits in der freien Beantwortung genannt und auch in allen Antwortoptionen. Primäre Nachteile werden als körperliche Nachteile in weiteren Unterpunkten der allgemeinen Ergebnisse aufgeführt.

### **Soziale Nachteile** (sekundäre Nachteile) (Peter, Justus, Felix, Eva)

Soziale Nachteile ergeben sich durch die Andersartigkeit oder die mit der genetischen Veränderung verbundenen körperlichen oder geistigen Abweichung von der Norm. Der Betroffene wird dadurch abgelehnt oder nimmt eine Außenseiterposition ein. Soziale Nachteile lassen sich durch die offene Formulierung in den Antworten A und D, welche keine konkreten Nachteile vorgeben, in die entsprechende Antwortbewertung einbringen, werden aber auch ohne Anregung der Antwortoptionen in der freien Beantwortung genannt. Die Ablehnung eines Individuums, die in dem Konzept „Außenseiter“ enthalten ist, entspricht prinzipiell den anderen Konzepten, diese Stellen aber abweichend von dem Außenseiter-Konzept den Zusammenhang noch genauer dar.

Konzepte: SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT; ABLEHNUNG DURCH KÖRPERLICHE NACHTEILE, AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lars** (32-33, 69-73): Das Pferd ist anders als andere Pferde und die anderen Pferde nehmen den vielleicht nicht so in die Herde auf. Die würden den sonst ausstoßen, weil

das Pferd dann vielleicht zu langsam ist und dann rennen die einfach weiter und das Andere kann nicht so schnell. (ABLEHNUNG DURCH KÖRPERLICHE NACHTEILE)

**Max (24):** Nachteile wären, dass es nicht von der Herde akzeptiert wird. (AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT)

### **Gesundheitliche Probleme im Vergleich zu anderen Nachteilen** (Felix, Justus, Bea)

Die von den Probanden beschriebenen Nachteile auf körperlicher Ebene beziehen sich überwiegend auf morphologische Veränderungen, während gesundheitliche Probleme in Antwort B aufgegriffen werden und als Vorstellungserweiterung dazukommen. Dabei unterscheiden Felix, Justus und Bea zwischen gesundheitlichen und morphologischen Nachteilen (Justus und Felix auf Nachfrage). Während die morphologischen Nachteile eher fehlende Gliedmaßen betreffen, handelt es sich bei den gesundheitlichen Nachteilen vorwiegend um physische Erkrankungen, wie Husten oder Herzleiden. Durch die offene Formulierung der Antworten A oder D entscheiden sich die Probanden gerne für eine dieser Antworten, da diese nicht im Widerspruch mit den morphologischen Veränderungen stehen, die sie zusätzlich zu gesundheitlichen Beschwerden als plausibel verstehen. Antwort B hingegen bezieht sich auf konkrete Nachteile, die lediglich ein Teil der vorstellbaren Nachteile durch genetische Veränderungen ausmacht. Bei Bea wird die Unterscheidung im Zusammenhang mit Antwort B erkennbar, da diese jedoch nicht direkt angesprochen wird, wird für Bea diese Vorstellung nicht als Konzept formuliert. Zudem sind die sozialen Nachteile von den gesundheitlichen in Antwort B abzugrenzen.

Konzepte: GESUNDHEITLICHE  $\neq$  MORPHOLOGISCHE NACHTEILE

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lars (60-73):** *Es kann eher andere Nachteile haben als gesundheitliche.* Wenn einer nicht so schnell laufen kann, wie ich vorhin gesagt habe, oder ein Merkmal mehr hat als die Anderen, könnte das innerhalb der Gruppe vielleicht dazu führen, dass die irgendwo hinrennen oder jagen und das eine Pferd nicht hinterher kommt, dann lässt die Gruppe das Pferd vielleicht zurück. (GESUNDHEITLICHE  $\neq$  MORPHOLOGISCHE NACHTEILE, SOZIALE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

### **Einschränkungen des Bewegungsapparats als Nachteil** (Bea, Justus, Felix)

Morphologische Nachteile durch genetische Veränderungen, aus denen sich dann auch soziale Nachteile ergeben können, werden in vielen Fällen genauer als Einschränkung der Laufleistung beschrieben. Oftmals ist dafür das Fehlen oder die eingeschränkte Funktion eines Beines oder Hufes verantwortlich. Diese konkrete Vorstellung ist dabei sehr kontextbezogen und wurde daher nicht als Konzept formuliert. Entsprechende



Konzepte wurden als körperliche Nachteile oder morphologische Nachteile verallgemeinert. Für diesen Kontext ist die eingeschränkte Laufleistung jedoch eine Assoziation und unterstützt die Bedeutung morphologischer Nachteile. Die hier beschriebenen Nachteile können auch (in weniger Fällen) als positive Varianten genannt werden, so dass dann beispielsweise eine besonders gute Laufleistung durch eine genetische Veränderung zustande kommt. Diese wird jedoch anschließend an die beschriebenen Nachteile genannt, um auch ein positives Beispiel zu formulieren und nicht unabhängig von den Nachteilen mit einer genetischen Veränderung assoziiert.

Konzepte: KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, KÖRPERLICHE VOR- UND NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH KRANKHEIT

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lars** (13-14): Es könnte auch Nachteile haben, weil es vielleicht langsamer laufen kann als die anderen Pferde. (KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

**Lars** (17-18): *Vorteile wären* vielleicht, dass es mehr Beine hat, dann kann es schneller laufen. (KÖRPERLICHE VORTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

**Jens** (22-23): ...es kann auch sein, dass das eine Bein von dem Pferd total schlapp hängt und es das nur noch hinterher ziehen kann, das wäre der Nachteil. (KÖRPERLICHE NACHTEILE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

### Antworten A, C und D

#### **Sekundäre Vorteile** (Peter, Bea, Justus, Eva)

Beschriebene Vorteile stellen keine direkten körperlichen Vorteile dar, sondern ergeben sich lediglich auf sozialer Ebene durch besondere Fürsorge, die dem Betroffenen auf Grund seines Handicaps durch die negative körperliche Veränderung entgegengebracht wird. Einige Probanden setzen die sekundären Vorteile jedoch mit den Vorteilen gleich, die in den Antwortmöglichkeiten beschrieben werden.

Konzepte: VORTEILE DURCH NORMALISIERUNG, MEDIZINISCHE HILFE MINDERT AUSWIRKUNGEN, FÜRSORGE ALS SEKUNDÄRER VORTEIL

### Antwortübergreifende Gemeinsamkeiten

#### **Andersartigkeit durch genetische Veränderungen** (Justus, Peter, Felix, Eva)

Die Folgen einer genetischen Veränderung werden als Andersartigkeit des Betroffenen beschrieben. Felix erweitert diese Vorstellung zudem durch die Beschreibung von ande-

ren Genen als Resultat der genetischen Veränderung. Diese Vorstellung wird in verschiedenen Zusammenhängen genannt, sowohl in der freien Beantwortung als auch im Zusammenhang verschiedener Antworten, sodass keine Zuordnung zu einem bestimmten Aufgabenteil möglich ist. Mit der Andersartigkeit ist die besondere Abweichung von der Norm gemeint, die sowohl Vor- und Nachteile als auch soziale und körperliche Konsequenzen einbeziehen kann. Somit stellt diese Vorstellung eine übergeordnete Assoziation mit der genetischen Veränderung dar, in einigen Fällen bezieht sie sich jedoch nur auf Nachteile.

Konzepte: ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNG, SOZIALE NACHTEILE DURCH ANDERSARTIGKEIT, GEISTIGE ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNG, AUSSENSEITER DURCH ANDERSARTIGKEIT, ABWEICHENDE MERKMALE DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN

#### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lars (2, 7-8):** In einer Wildpferdeherde wird ein Pferd geboren, das anderes ist als die Anderen. [Das Fohlen] hat vielleicht etwas Anderes als andere Pferde, [z.B.] einen Kopf mehr. (ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

**Nina (31):** Ich denke, dass irgendetwas anders ist als bei den Anderen. (ANDERSARTIGKEIT DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN)

#### **5.5.5.6 Verständnis vom Itemstamms in der Wildpferde-Aufgabe**

Die Inhalte des Itemstamms der Aufgabe werden auf unterschiedliche Weise wiedergegeben bzw. aufgefasst. Dabei reichen die individuellen Aussagen von veränderten Genen des Fohlens (Peter, Justus), über Andersartigkeit (Justus, Felix) bis hin zu einer Fehlgeburt (Bea). Die Fragestellung wird relativ einheitlich als Auswirkungen für das Fohlen verstanden, mit der Ausnahme, dass Bea die Auswirkungen mit Schwierigkeiten gleichsetzt. Eine negative Assoziation, die sich dann auch in der Beantwortung und Bewertung der Antwortmöglichkeiten fortsetzt, zeichnet sich damit bei Bea bereits in der Auffassung der Aufgabenstellung ab. Unsicherheiten mit den enthaltenen Wörtern ergeben sich für genetische Veränderungen (Peter), mit den Genen (Felix) und für die Bezeichnung Fohlen (Felix). Eva ist sich zudem unsicher, ob sich die Frage nach den Auswirkungen auf körperliche oder soziale Auswirkungen bezieht. Sie geht dann in ihrer Beantwortung auf beide Ebenen ein.

## Wortverständnis

### Gene

Eva beschreibt Gene als Strukturen, die Ähnlichkeiten bei Verwandten bewirken.

Konzepte: GENE BEWIRKEN ÄHNLICHKEIT

### Genetische Veränderungen

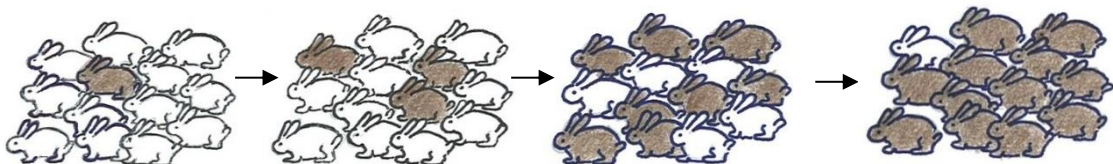
s. o., Andersartigkeit durch genetische Veränderungen.

## 5.6 Hasen-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zum Anpassungsprozess in den Interviews überprüft.

**In einem einst schneereichen Gebiet, in dem weiße Hasen gelebt haben, wird der Schneefall durch wärmere Winter immer seltener. Mittlerweile können in diesem Gebiet braune Hasen beobachtet werden. Auf dem schneefreien Boden sind die Hasen vor Greifvögeln besser geschützt. Wie mag die Veränderung von den weißen zu den braunen Hasen stattgefunden haben?**

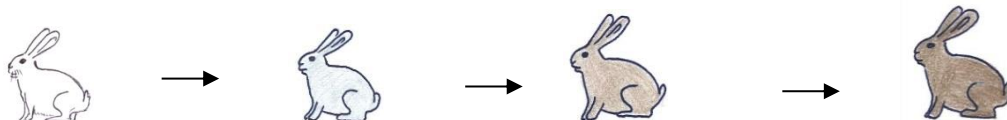
a. Über mehrere Generationen so:



b. Über mehrere Generationen so:



c. Innerhalb des Lebens der Hasen so:



## 5.6.1 Interview mit Anna

### 5.6.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.6.1.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei der Erklärung der Anpassung der Hasen-Population an veränderte Umweltbedingungen ist für Anna vergleichbar mit der Buchfinken-Aufgabe die zielgerichtete Anpassung an die Umstände zentral. Die Veränderungen der Fellfarbe sowohl individuell als auch bei der gesamten Population orientieren sich an den Umweltveränderungen und verlaufen parallel dazu. Entsprechend sind alle Aussagen, die Anna hinsichtlich der Veränderung der Fellfarbe macht abhängig von ihren Vorstellungen der Umweltveränderung.

In der **freien Beantwortung** vergleicht Anna den Aufgabenkontext mit dem Wechsel von Sommer- und Winterfell, wie sie es bei Marder und Iltis kennt. Den saisonalen Wechsel unterscheidet sie aber von der Aufgabensituation, in der eine längerfristige Veränderung stattfindet. Über das Beispiel beschreibt sie eine automatische Anpassung, die aber auch zielgerichtet ist. Entsprechend verknüpft sie diese beiden Vorstellungsspekte (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE VERÄNDERUNG). Die Umstände werden dabei von den Hasen erkannt und bewusst wahrgenommen (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS). Bereits in der freien Beantwortung und auch in den Antworten nutzt sie anthropomorphe Redewendungen, so dass man annehmen könnte, sie geht davon aus, dass die Hasen die Anpassung selbstbestimmt vornehmen. Auf Nachfrage lehnt sie diese Vorstellung jedoch ab (~~ADAPTIERENDE INDIVIDUEN~~). Die Zielgerichtetheit des Prozesses bleibt während der Auseinandersetzung mit den Antwortmöglichkeiten bestehen, wobei Anna in den Antworten die Notwendigkeit der Anpassung nochmal hervorhebt. Durch die Antworten setzt sich Anna genauer damit auseinander, wie lange der Anpassungs-Prozess dauert und generiert dabei konkretere Vorstellungen, welche die Aussagen ihrer freien Beantwortung erweitern.

Dass Anna die Schneeschmelze als Veränderung über einen längeren Zeitraum (nicht für eine Saison) versteht, zeigt sich in ihrer Zustimmung zu **Antwort B**. Die Veränderung der Fellfarbe über Generationen (Antwort B) erscheint ihr sinnvoll, da ihrer Vor-

stellung nach die Schneeschmelze länger dauert, als die Lebensdauer eines Hasen, wie in Antwort C dargestellt (UMWELTVERÄNDERUNG ÜBER GENERATIONEN). Die zeitliche Dimension der Anpassung kommt dabei als neuer Vorstellungsaspekt hinzu. Diese Vorstellung birgt potentielle Widersprüche mit der zuvor beschriebenen individuellen Veränderung der Hasen (Widerspruch). Sie geht an dieser Stelle nicht auf die Möglichkeit der Veränderung der Fellfarbe innerhalb eines Hasenlebens ein, sondern nur auf die Zeitdauer der Schneeschmelze, die ein Hasenleben überdauert. Gleichzeitig erscheint ihr der Aspekt der graduellen Veränderung der Fellfarbe sinnvoll, weil der Schnee gleichermaßen langsam zurückgegangen ist und eine entsprechende Tarnung nützlich ist (UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG). Annas Vorstellung von einer zielgerichteten Anpassung passt dabei zu der an jedes Stadium des Abschmelzens angepassten Fellfarbe, wie sie die Abbildungen in Antwort B versteht (GRADUELLE FELLVERÄNDERUNG). Dass in den Abbildungen bei Antwort B am Anfang alle weiß sind und am Ende alle braun (vgl. Ablehnung in Antwort A), erklärt sie damit, dass es sich in den Abbildungen bei Antwort B lediglich um eine Teilpopulation handelt und daher mit der Vorstellung der vereinzelt Schneeschmelze vereinbar ist (LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE). Anders als in Antwort A findet sie damit einen Weg, die Unterschiedlichkeit der Hasen in der Antwort mit ihren grundlegenden Vorstellungen zu vereinen. Die im Zusammenhang mit Antwortoption B generierten Konzepte ergänzen als neue Aspekte die freie Vorstellung von Anna.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort A** lehnt Anna ab, weil die Fellveränderung der Hasen in den Abbildungen nicht mit ihrer Vorstellung vereinbar ist. Seltsam erscheint ihr, dass bereits am Anfang schon Hasen braun sind, obwohl es noch viel Schnee gibt. Da ihrer Meinung nach die dann eintretende Schneeschmelze nur bestimmte Gebiete betrifft, während andere Gebiete noch schneereich sind, müssten zum Ende des Prozesses (letzte Abbildung) auch noch weiße Hasen vorkommen (LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE). Die Hasen verändern sich ihrer Beschreibung nach dabei individuell und gezielt in Abhängigkeit der Umweltveränderung (UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG, GEZIELTE ANPASSUNG VON INDIVIDUEN). Die Bewertung der Fellveränderung in den Abbildungen ist dabei abhängig von ihrer Vorstellung der Umwelt.

Da Anna die Schneeschmelze als Veränderung über einen längeren Zeitraum versteht, die auch die Lebensdauer eines Hasen überdauert, lehnt sie **Antwort C** ab (UMWELT-VERÄNDERUNG ÜBERDAUERT HASENLEBEN).

### 5.6.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.39: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	zielgerichtete Anpassung
Automatische und gezielte Veränderung	Neue Aspekte, <u>Widerspruch</u>	✓ B +Umweltveränderung über Generationen +Umweltabhängige Anpassung +Graduelle Fellveränderung +Lebensraumabhängige Fellunterschiede
Anpassungs-Erkenntnis	Neuer Aspekt	x A +Lebensraumabhängige Fellunterschiede +Umweltabhängige Anpassung
-Adaptierende Individuen	Beibehaltung	+Gezielte Anpassung von Individuen
		x C +Umweltveränderung überdauert Hasenleben
	antwortunabhängig	-Adaptierende Individuen

Anna stimmt Antwort B zu und greift dabei den generationenübergreifenden Aspekt auf (Tabelle 5.39). Die Vorstellung passt mit ihrer Sichtweise von der Dauer der Umweltveränderung zusammen. Parallelen zu ihrer frei geäußerten Beantwortung ergeben sich dabei nur geringfügig. Entsprechend kommen dabei neue Aspekte hinzu.

## 5.6.2 Interview mit Elena

### 5.6.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.6.2.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Für Elena ist die saisonal bedingte Fellveränderung der Hasen der zentrale Aspekt ihrer Vorstellung. Entsprechend sind alle Hasen im Sommer braun und im Winter weiß. In der **freien Beantwortung** beschreibt sie diesen Prozess auch als Anpassung an die Natur (SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG AN DIE NATUR). Die Antworten lehnt Elena alle ab, weil diese mit der jahreszeitlich bedingten wechselnden

Fellfarbe nicht vereinbar sind. Diese Abweichung macht sie daran fest, dass in allen Abbildungen eine Zunahme der braunen Fellfarbe erkennbar ist, die sich längerfristig einstellt. Durch die Antwortmöglichkeiten kommen somit keine neuen Perspektiven dazu, sie bleibt bei ihrer unabhängig generierten Vorstellung.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

In **Antwort A** bemängelt sie die Zunahme brauner Hasen über die Zeit, die nicht nur im Sommer braun sind, sondern die Fellfarbe jahreszeitenunabhängig beibehalten (~~DAUERHAFTE FELLVERÄNDERUNG~~). Das widerspricht ihrer Vorstellung von einem saisonal bedingten Fellwechsel (SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Dabei spricht sie nicht von individuellen Veränderungen, sondern fasst die Zunahme der braunen Fellfarbe so auf, dass braune Hasen „dazukommen“ (ZUNAHME ANDERSGEFÄRBTER INDIVIDUEN).

In **Antwort B** lehnt Elena die graduelle Veränderung der Fellfarbe ab, die unabhängig von den Jahreszeiten stattfindet und wie in Antwort A ihrer Vorstellung von dem jahreszeitlichen Wechsel widerspricht (~~DAUERHAFTE FELLVERÄNDERUNG~~, SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Auf den Aspekt der Generationen geht sie in ihrer Begründung nicht weiter ein.

In **Antwort C** erkennt sie die individuelle Veränderung der Fellfarbe durch eine zunehmende Braunfärbung, die sie aus den gleichen Gründen wie die Antworten A und B ablehnt (SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG, ~~DAUERHAFTE FELLVERÄNDERUNG~~). Dass eine Veränderung innerhalb eines Lebens möglich ist, ist nicht im Widerspruch mit ihrer zentralen Vorstellung von der saisonal bedingten Veränderungen der Hasen (ANPASSUNG INNERHALB EINES LEBENS).

### 5.6.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.40: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Saisonal bedingte Fellveränderung	zentraler Aspekt	Saisonal bedingte Fellveränderung
	Beibehaltung	x A -Dauerhafte Fellveränderung ! Saisonal bedingte Fellveränderung +Zunahme andersgefärbter Individuen
Anpassung an die Natur	Beibehaltung	x B -Dauerhafte Fellveränderung ! Saisonal bedingte Fellveränderung
	Beibehaltung	x C -Dauerhafte Fellveränderung ! Saisonal bedingte Fellveränderung +Anpassung innerhalb eines Lebens

Die Vorstellung von einer saisonal bedingten Fellveränderung als Anpassung im Jahreszeitenwechsel ist für Elena bereits in der freien Beantwortung zentral und ist auch Grund für die Ablehnung der Antworten, die mit dieser Vorstellung nicht vereinbar ist (Tabelle 5.40).

## 5.6.3 Interview mit Moritz

### 5.6.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.6.3.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Die Fellveränderung der Hasen erklärt Moritz mit der saisonalen Veränderung im Sommer und Winter. Dabei greift er auf die lebensweltliche Erfahrung zurück, dass Hasen als Tarnung im Winter weißes Fell haben und im Sommer braunes Fell. Bezogen auf diese grundlegende Vorstellung geht Moritz von einer individuellen Veränderung der Fellfarbe aus. Diese Vorstellung tritt deutlich in der **freien Beantwortung** hervor (SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Die Fellveränderung an sich beschreibt er als automatische Veränderung, die zielgerichtet entsprechend der Nützlichkeit in den verschiedenen Jahreszeiten stattfindet (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE VERÄNDERUNG). Die grundlegende Vorstellung der saisonal bedingten Fellfarbe bleibt bei der Bewertung der Antwortmöglichkeiten zentral. Dadurch ergibt sich im We-



sentlichen eine Beibehaltung der bereits in der freien Beantwortung genannten Vorstellung.

In **Antwort A** erkennt Moritz in den Abbildungen eine zeitlich versetzte Verfärbung der Fellfarbe der Individuen, gleichzeitig geht er aber auch von einer Veränderung entsprechend der Jahreszeiten bei allen Hasen aus (ZEITLICH VERSETZTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG VON INDIVIDUEN, SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Mit der Abhängigkeit der Veränderung von den Jahreszeiten greift er die zentrale Vorstellung der freien Beantwortung erneut auf. Die zeitlich abweichende Fellveränderung einzelner Individuen stellt dabei eine Erweiterung seiner Vorstellung dar, da er zuvor die Hasen als Population angesprochen hat.

**Antwort C** kann Moritz wieder mit seinen grundlegenden Vorstellungen vereinen, die er in der freien Beantwortung als Erklärung herangezogen hat. Zwar spricht er hier die saisonal bedingte Veränderung nicht erneut an, betont aber die individuelle Veränderung der Hasen, die wiederum durch den jahreszeitlichen Wechsel bestimmt wird (ANPASSUNG VON INDIVIDUEN).

### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

In **Antwort B** erkennt Moritz die Veränderung über Generationen. Da diese Vorstellung der individuellen saisonal bedingten Fellveränderung widerspricht, lehnt er diese Antwort ab (SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG VON INDIVIDUEN).

### 5.6.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.41: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Saisonal bedingte Fellveränderung  Automatische und gezielte Veränderung	zentraler Aspekt	Saisonal bedingte Fellveränderung
	Erweiterung	✓ A +Zeitlich versetzte Fellveränderung
	Beibehaltung	+Anpassung von Individuen
	Beibehaltung	+Saisonal bedingte Fellveränderung
	Beibehaltung	✓ C +Anpassung von Individuen
		x B +Anpassung von Individuen ! Saisonal bedingte Fellveränderung

Moritz nennt bereits in der freien Beantwortung die saisonal bedingte Fellveränderung

der Hasen und behält diese Vorstellung in seiner Bewertung der Antworten bei (Tabelle 5.41). Die damit verbundene Vorstellung der individuellen Anpassung kann er mit den Antworten A und C vereinen, nicht aber mit dem generationenübergreifenden Aspekt in Antwort B.

## 5.6.4 Interview mit Kai

### 5.6.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.6.4.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Kais Vorstellung wird die Fellveränderung durch Umwelteinflüsse induziert. Dabei nennt er bereits in der **freien Beantwortung** die Hitzeeinwirkung als wesentlich, die er der Fragestellung entnimmt. Durch diese verändert sich dann die Fellfarbe (TEMPERATURBEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Er vermutet, dass die braune Fellfarbe weniger als die weiße wärmt. Die Veränderung vollzieht sich seiner Beschreibung nach dabei an einem Individuum (ANPASSUNG VON INDIVIDUEN). In der freien Beantwortung geht Kai auch auf generationenübergreifende Auswirkungen ein, indem er anspricht, dass die erworbenen Merkmale (braune Fellfarbe) an die Nachkommen vererbt werden (VERERBUNG ERWORBENER MERKMALE). Im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten sind generationenübergreifende Aspekte in der Beschreibung des Anpassungsprozesses insgesamt nicht zentral, vielmehr stehen die unterschiedlichen Fellfarben im Vordergrund, deren Bewertung sich an den lebensweltlich bekannten Fellfarben orientiert. Kai behält seine Vorstellung in der Auseinandersetzung mit den Antworten weitgehend bei und kann diese in einer Antwortoption unterbringen. Zudem kommen Modifizierungen seiner Vorstellung hinzu.

In der zunehmenden braunen Fellfarbe in den Abbildungen bei **Antwort A** sieht Kai den Zusammenhang mit der Hitzeeinwirkung und der entsprechenden Fellveränderung (TEMPERATURBEDINGTE FELLVERÄNDERUNG). Diesem bereits in der freien Beantwortung genannten Aspekt kann er zustimmen. Dabei verändern sich die Hasen nicht individuell, wie er das in der freien Antwort zum Ausdruck gebracht hat, sondern die Anzahl der Hasen mit brauner Fellfarbe nimmt zu (ZUNAHME ANDERSGEFÄRBTER INDIVIDUEN).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort B** lehnt Kai ab, weil er sich die enthaltenen weiteren Fellfarben, zusätzlich zu der braunen und weißen Fellfarbe, nicht vorstellen kann. Dabei geht Kai nicht auf eine stufenweise Veränderung über Generationen ein, sondern auf mögliche Fellfarben an sich. Da er keinen Alltagsbezug zu den anderen Fellfarben (er kennt nur weiß und braun) herstellen kann, lehnt er diese Antwort ab (BEGRENZTE FELLVARIANTEN, kontextabhängige Bewertung).

In **Antwort C** lehnt Kai die stufenweise Veränderung ebenfalls ab. Er stellt sich vor, dass sich die Hasen von weiß zu braun ändern und zwischen diesen Extremen keine weiteren Fellfarben vorkommen (~~GRADUELLE FELLVERÄNDERUNG~~, BEGRENZTE FELLVARIANTEN). Ablehnungsgrund ist zudem die Anpassung innerhalb der Zeitspanne eines Hasenlebens (UMWELTVERÄNDERUNG ÜBERDAUERT HASENLEBEN). Die Anpassung braucht seiner Meinung nach mehr Zeit. Wesentlich dabei ist, dass sich die Ablehnung nicht direkt auf die Möglichkeit der Anpassung innerhalb eines Lebens bezieht, sondern auf seine Vorstellung von der Dauer der Umweltveränderung an der sich entsprechend die Anpassung der Hasen orientiert (UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG). Dadurch ergeben sich Widersprüche zu der freien Antwort in der Kai beschreibt, dass die Fellfarbe sich bei einem Hasen verändert und er diese Merkmalsveränderung an seine Nachkommen weitergibt (Widerspruch). Entsprechend kommt es an dieser Stelle zu einer Modifizierung seiner Vorstellung.

### 5.6.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.42: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Temperaturbedingte Fellveränderung	zentraler Aspekt	Umweltinduzierte Fellveränderung
	Beibehaltung Modifizierung	✓ A +Temperaturbedingte Fellveränderung +Zunahme andersgefärbter Individuen
Anpassung von Individuen	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x B +Begrenzte Fellvarianten
Vererbung erworbener Merkmale	<u>Kontextabhängige Bewertung</u> <u>Widerspruch</u> , Modifizierung	x C +Begrenzte Fellvarianten +Umweltveränderung überdauert Hasenleben -Graduelle Fellveränderung +Umweltabhängige Anpassung

Kai geht primär davon aus, dass sich das Hasenfell durch die Temperaturveränderung ändert (Tabelle 5.42). Bei der Bewertung der Antworten ist dann zudem die Vorstellung von lediglich braunen und weißen Hasen entscheidend. Die in den Antworten B und C dargestellten Zwischenstufen lehnt er ab, weil er diese Farben bei Hasen nicht kennt.

### 5.6.5 Interview mit Inka

#### 5.6.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.6.5.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei Inkas Auseinandersetzung mit der Veränderung der Fellfarbe der Hasen tritt vor allem die Veränderung über Generationen in den Vordergrund. Gleichzeitig enthalten ihre Aussagen jedoch auch Anteile individueller Fellveränderungen, wodurch widersprüchliche Vorstellungen entstehen. Beide Aspekte werden sowohl in **der freien Beantwortung** angesprochen, als auch in den Antwortmöglichkeiten (ANPASSUNG VON INDIVIDUEN). Die Anpassung über Generationen findet dabei, wie die individuelle Anpassung, zielgerichtet statt (GEZIELTE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN, Widerspruch).

In **Antwort A** ist für Inka zunächst die individuelle Veränderung der Hasen mit zeitlichen Versetzungen erkennbar (ZEITLICH VERSETZTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG VON INDIVIDUEN). Gleichzeitig spricht sie aber auch von einer graduellen Anpassung über Generationen bei der zusätzlich zur individuellen Fellveränderung die Nachkommen andere Fellfarben vorweisen (GRADUELLE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN). Dadurch ergeben sich Parallelen zu den Aussagen der freien Beantwortung. Der Aspekt wird jedoch erst auf Nachfrage einbezogen (Unwesentlicher Aspekt). Die abweichende Fellfarbe der Hasen in den Abbildungen deutet sie als unterschiedliche Generationen, wobei die dunklen Individuen folgende Generationen sind. Die zeitlich versetzte Veränderung der Individuen greift sie durch die Antwortinhalte neu auf und ergänzt so ihre Vorstellung.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Bei **Antwort B** erkennt Inka in den Abbildungen Widersprüche zu den zuvor beschriebenen unterschiedlichen Fellfarben in der Population. Sie schließt dabei aus, dass sich alle Individuen gleichzeitig verändern können (~~PARALLELE VERÄNDERUNG DER INDIVIDUEN~~). In ihrer Begründung bezieht sie sich dabei auf individuelle Veränderungsprozesse und nicht auf unterschiedliche Generationen, wodurch auch in diesem Zusammenhang vermutet werden kann, dass dieser Aspekt nicht wesentlich für Inka ist (Ignorieren von Antwortaspekten). An anderer Stelle begründet sie die Ablehnung dann damit, dass sich die Hasen nicht alle gleichzeitig vermehren können, wobei sie wieder generationenübergreifende Aspekte einbringt (~~PARALLELE VERMEHRUNG DER INDIVIDUEN~~). Gleichzeitig führt sie ihre Vorstellung von einer zeitlich versetzten Fellfarbe aber auch darauf zurück, dass die Hasen in verschiedenen Höhenlagen leben, so dass einige länger dem Schnee ausgesetzt sind (LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE). Dass die Hasen „in einem Gebiet“ leben, wie in der Aufgabenstellung angesprochen, wird dabei nicht berücksichtigt oder ist mit ihrer Vorstellung von „einem Gebiet“ vereinbar. Drei verschiedene Gründe werden somit zur Ablehnung der gleichen Fellfarbe aller Individuen angenommen. Die Unterschiedlichkeit der Fellfarben greift sie dabei in den Antwortoptionen neu auf.

In **Antwort C** bezieht sich Inka zunächst erneut auf den Aspekt der GRADUELLEN VERÄNDERUNG ÜBER GENERATIONEN. Erst durch Hinweise erkennt sie die zentrale Vorstellung der Anpassung innerhalb eines Lebens (individuelle Anpassung). Diese Vorstellung lehnt sie jedoch ab (~~ANPASSUNG VON INDIVIDUEN~~). Die Veränderung

insgesamt orientiert sich dabei wieder an den Umweltveränderungen, bzw. findet parallel dazu statt und ist somit zielgerichtet (UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG). Die individuelle Veränderung, die durchgängig in Inkas Aussagen parallel zu generationenübergreifenden Veränderungen beschrieben wird, lehnt sie somit bei direkter Nachfrage ab.

### 5.6.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.43: Konzepte zur Hasen-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Gezielte Anpassung über Generationen
Gezielte Anpassung von Individuen	neuer Aspekt Beibehaltung Erweiterung, <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	✓ A +Zeitlich versetzte Fellveränderung +Anpassung von Individuen +Graduelle Anpassung über Generationen
Gezielte Anpassung über Generationen	Neuer Aspekt <u>Ignorieren von Antwortaspekten</u>	x B -Parallele Veränderung von Individuen -Parallele Vermehrung der Individuen +Lebensraumabhängige Fellunterschiede
	<u>Widerspruch</u> , Modifizierung	x C +Graduelle Veränderung über Generationen -Anpassung von Individuen +Umweltabhängige Anpassung

Inka spricht sowohl die individuelle Anpassung von Individuen an, als auch die Anpassung über Generationen (Tabelle 5.43). Dieser Widerspruch scheint ihr zunächst nicht bewusst zu sein, erst später lehnt sie die individuelle Anpassung ab. Plausibler erscheint ihr die zeitlich versetzte Fellveränderung, die sie in der Antwort A erkennt. Die einheitliche Veränderung lehnt sie dann in der Antwort B ab.

### 5.6.5.4 Vergleich der Konzepte zur Hasen-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.44: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Hasen-Aufgabe (Anpassungsprozess).

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Gezielte Anpassung von Individuen</li> <li>+Umweltabhängige Anpassung</li> <li>+Lebensraumabhängige Fellunterschiede</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dauerhafte Fellveränderung</li> <li>! Saisonal bedingte Fellveränderung</li> <li>+Zunahme andersgefärbter Individuen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Zeitlich versetzte Fellveränderung</li> <li>+Saisonal bedingte Fellveränderung</li> <li>+Anpassung von Individuen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Temperaturbedingte Fellveränderung</li> <li>+Zunahme andersgefärbter Individuen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Zeitlich versetzte Fellveränderung</li> <li>+Anpassung von Individuen</li> <li>+Graduelle Anpassung über Generationen</li> </ul>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Lebensraumabhängige Fellunterschiede</li> <li>+Umweltveränderung über Generationen</li> <li>+Umweltabhängige Anpassung</li> <li>+Graduelle Fellveränderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>! Saisonal bedingte Fellveränderung</li> <li>-Dauerhafte Fellveränderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>!Saisonal bedingte Fellveränderung</li> <li>+Anpassung von Individuen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Begrenzte Fellvarianten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Lebensraumabhängige Fellunterschiede</li> <li>-Parallele Veränderung von Individuen</li> <li>-Parallele Vermehrung der Individuen</li> </ul>

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>C</b>	+Umweltveränderung überdauert Hasenleben	+Anpassung innerhalb eines Lebens  -Dauerhafte Fellveränderung ! Saisonal bedingte Fellveränderung	+Anpassung von Individuen	+Umweltveränderung überdauert Hasenleben  +Umweltabhängige Anpassung  -Graduelle Fellveränderung +Begrenzte Fellvarianten	+Umweltabhängige Anpassung  -Anpassung von Individuen  Graduelle Veränderung über Generationen



### 5.6.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

In den offenen Antworten beschreiben alle Interviewten eine gezielte Anpassung an die veränderten Umstände. Die Veränderung kann sowohl bei Individuen (2 Fälle) als auch über Generationen (1 Fall) eintreten. Zwei Teilnehmer sprechen eine saisonal bedingte Veränderung an (Jahreszeitenwechsel) und ein Interviewpartner vergleichbar eine temperaturabhängige Fellveränderung. Die frei genannten Vorstellungen werden in der Antwortbewertung von allen Probanden beibehalten, Übereinstimmungen werden jedoch nicht angesprochen. Neue Aspekte kommen nur in einem Fall dazu. In zwei Fällen werden die Vorstellungen modifiziert.

Konzepte: SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG, TEMPERATURBEDINGTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG AN DIE NATUR, AUTOMATISCHE UND GEZIELTE FELLVERÄNDERUNG, ANPASSUNG VON INDIVIDUEN, GEZIELTE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN.

#### Antworten A, B und C

##### **Umweltabhängige Veränderungen (Anna, Kai, Inka)**

Die Vorstellung der Veränderungen der Fellfarbe orientiert sich bei vielen Interviewten an der Vorstellung von der Umweltveränderung. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Schneeschmelze besonders lang dauert, was Einfluss auf die Bewertung von B und C hat, da bei der Vorstellung von einem längeren Prozess die Veränderung über Generationen (Antwort B) der Fellveränderung innerhalb eines Lebens (Antwort C) vorgezogen werden würde. Die unterschiedlichen Fellfarben in den Abbildungen werden von einigen Probanden als Anpassung in unterschiedlichen Verbreitungsgebieten verstanden, in denen die Schneeschmelze unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Die grundlegende Vorstellung vom Verlauf und der Verbreitung der Schneeschmelze wird dann zur Bewertung aller Antworten herangezogen und entscheidet die Zustimmung oder Ablehnung. Die zeitlichen und räumlichen Erscheinungen werden dabei erst in den Antwortoptionen angesprochen und nicht bereits in der freien Antwort und sind somit eng an die Abbildungen gebunden. Die Veränderungsprozesse in Abhängigkeit

der Umwelt haben dabei die übergeordnete Zielgerichtetheit des Anpassungsprozesses gemeinsam.

Erklärungsmuster: *Umweltabhängige Anpassung*

Konzepte: UMWELTVERÄNDERUNGEN ÜBER GENERATIONEN, UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG, LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE, UMWELTVERÄNDERUNG ÜBERDAUERT HASENLBEN, ANPASSUNG AN DIE NATUR

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Fin (577-585):** Der braune Hase [in Antwort A] wird einfach aus Gegenden sein, wo gar kein Schnee liegt. Der ist vielleicht einfach mal auf den Berg hoch gegangen und da konnte er auch leben [...]. Ich würde sagen der war von Anfang an braun. Und die Eltern von dem Hasen auch, weil die nicht oben auf dem Berg lebten, sondern auf den niedrigen Bergen und da haben die sich dann angepasst. (LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE)

**Ben (497-501):** Erst war da Schnee in einem Gebiet mit weißen Hasen, die sich an den Schnee angepasst hatten, damit sie nicht gesehen werden. Und dann ist der Schnee nicht mehr da gewesen [...] und damit die dann nicht so schnell von den Greifvögeln entdeckt werden, haben die sich braun angepasst. (UMWELTABHÄNGIGE ANPASSUNG)

### **Jahreszeitlicher Fellwechsel als einflussreicher Alltagsbezug** (Moritz, Elena)

Innerhalb der Vorstellung, dass die Fellfarbe sich an der Veränderung der Umwelt orientiert, wird insbesondere im Kontext der Hasenaufgabe eine saisonal bedingte Fellveränderung, entsprechend der jahreszeitlichen Veränderungen, angenommen. Dabei wird der Anpassungsprozess in der Hasen-Aufgabe durch den bekannten Fellwechsel der Hasen vom Sommer- zum Winterfell geprägt. Probanden mit dieser Vorstellung bewerten dabei die Fellveränderung innerhalb eines Lebens positiv, weil diese sich von der jahreszeitlich bedingten Fellveränderung ableiten lässt. Die Vorstellung der Veränderung innerhalb eines Lebens wird dabei stark von dem lebensweltlichen Bezug beeinflusst, der sich in diesem Kontext ergibt.

Konzepte: SAISONAL BEDINGTE FELLVERÄNDERUNG

### **Abbildungsverständnis der korrekten Antwortoption** (Anna, Moritz, Inka)

Die Abbildung in Antwort A wird von einigen Probanden so aufgefasst, dass die unterschiedliche Fellfarbe der dort abgebildeten Hasen durch eine zeitlich versetzte Fellveränderung der Individuen zustande kommt, die dabei aber am Individuum stattfindet.

Zur Vereinbarkeit der eigenen Vorstellung mit den Abbildungen wird die Vorstellung von einer unterschiedlichen Anpassung in verschiedenen Verbreitungsgebieten gene-

riert, in denen die Schneeschmelze variiert. So kann das Konzept der Zielgerichtetheit aufrechterhalten werden.

Konzepte: ZEITLICH VERSETZTE FELLVERÄNDERUNG, LEBENSRAUMABHÄNGIGE FELLUNTERSCHIEDE

#### **5.6.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Hasen-Aufgabe**

Der Itemstamm der Aufgabe wird von den Probanden relativ einheitlich wiedergegeben. Dabei werden in allen Fällen die weißen Hasen den schneereichen Gebieten zugeordnet und die braunen Hasen den Gebieten, in denen der Schnee schon geschmolzen ist. Dies wird auf die Erwärmung zurückgeführt. Einige Schüler erwähnen auch eine Erd- oder Klimaerwärmung, wodurch auf eine Assoziation mit aktuellen umweltbezogenen Veränderungen geschlossen werden kann (Anna, Inka). Unterschiede ergeben sich in der Schwerpunktlegung der Gründe der Fellveränderung, die im Itemstamm abgelesen wird. Während Anna und Elena die Fellveränderung als Schutz vor Fressfeinden in den Fokus nehmen, beziehen sich Moritz, Kai und Inka auf die Temperaturveränderungen und die Anpassung an wärmere Bedingungen in den Sommermonaten.

Besondere Verständnisschwierigkeiten werden von keinem der Probanden genannt. Inka geht lediglich darauf ein, dass der Text möglicherweise zu Missverständnissen führen kann. Dies scheint jedoch nicht auf spezielle Wörter zurückgeführt werden zu können, sondern eher auf die Komplexität des Textes.

## 5.7 Buchfinken-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zur natürlichen Selektion in den Interviews überprüft.

**Stell Dir Buchfinken vor, die in einem Waldgebiet leben. Diese fressen z.B. Samen und Beeren. Was passiert, wenn durch einen heißen Sommer nur wenige Samen und Beeren verfügbar sind?**

- a. Damit die Buchfinken trotz der Nahrungsnot überleben können, treten genetische Veränderungen ein.
- b. Die Buchfinken verändern sich von Generation zu Generation, bis sie gut an die Veränderungen angepasst sind.
- c. Einige Buchfinken können mit weniger Beeren überleben und sich dadurch besser vermehren, während andere sterben.
- d. Die Buchfinken streiten miteinander um Futter. Die Stärksten überleben und vermehren sich, die anderen sterben.

### 5.7.1 Interview mit Anna

#### 5.7.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.7.1.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Annas Aussagen in der **freien Beantwortung** deuten darauf hin, dass sie die Nahrungsknappheit als nicht lebensbedrohlich für die Buchfinken einschätzt, da sie vorschlägt, die Buchfinken sollten einfach die Beeren und Samen fressen, die sie finden können (AUSREICHENDE NAHRUNGSRESSOURCEN). Alternativ könnten sie andere verträgliche Nahrungsressourcen in Anspruch nehmen (SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG). Eine Entsprechung dieser Vorstellungen findet Anna in den Antwortoptionen nicht, greift in diesen jedoch neue für sie plausible Vorstellungen auf. Annas Sichtweise auf die Beantwortung der Frage verändert sich durch die Antworten somit. Plausible neue Ansätze treten dann in den Vordergrund, wodurch die Vorstellung von Anna durch die Antwortoptionen modifiziert wird und neue Aspekte überwiegen.

**Antwort C** erscheint Anna sinnvoller. „Weil jeder Vogel anders ist“ (317) und „manche mehr und manche weniger brauchen“ (317-318) kann sie damit übereinstimmen, dass die Buchfinken unterschiedliche Nahrungsbedürfnisse haben und entsprechend der Nahrungsknappheit verhungern oder überleben (ÜBERLEBEN IN ABHÄNGIGKEIT DER NAHRUNGSANSPRÜCHE). Sie führt die Unterschiede dabei auf die Größe oder das Alter der Individuen zurück (ALTERSABHÄNGIGE NAHRUNGSANSPRÜCHE, GRÖßENABHÄNGIGE NAHRUNGSANSPRÜCHE) oder eine unterschiedliche Anpassungen an verschiedene Lebensräume (LEBENSRAUMABHÄNGIGE ANGEPASSTHEIT). Die Eingrenzung auf ein Gebiet, wie es im Itemstamm beschrieben ist, bleibt dabei unberücksichtigt. Wesentlicher Aspekt dabei ist, dass in Annas Vorstellung die Unterschiede durch eine zielgerichtete Anpassung der Natur hervorgerufen werden, welche die Lebewesen unterschiedlich anpasst (NATUR ALS AKTEUR). Das Auskommen mit weniger Beeren und Samen bezieht sie direkt auf geringere Ansprüche in der Futtermenge (ANGEPASSTHEIT DURCH GERINGEN NAHRUNGSBEDARF), alternative Eigenschaften einer günstigen Angepasstheit werden dabei nicht erwähnt. Die Bedeutung möglicher Unterschiede und entsprechender Vor- und Nachteile kommt für Anna dabei als neuer Vorstellungsaspekt hinzu. Weniger plausibel erscheint ihr in **Antwort C** der Aspekt der besseren Vermehrung der Individuen, die mit weniger Futter auskommen, den sie erst später berücksichtigt. In den Konsequenzen der besseren Vermehrung sieht sie zunächst Probleme darin, dass parallel zur Nahrungsknappheit die Individuenzahl steigt. Andererseits erscheint ihr sinnvoll, dass sich gerade die Individuen besser vermehren, die weniger Futter brauchen (BESSERE VERMEHRUNG BEI GERINGEREN NAHRUNGSANSPRÜCHEN). Darin sieht sie eine Chance, dass alle besser überleben können. In dieser Vorstellung zeigen sich somit finale Tendenzen, da Anna die Plausibilität des Vorgangs von der Nützlichkeit für die Beteiligten abhängig macht (ARTERHALTENDE ANPASSUNG). Die Vermehrung unter den Umständen der geringen Nahrungsverfügbarkeit ist auch abhängig von der Vogelart, wodurch sie die Plausibilität dieses Aspekts vom Wissen über verschiedene Vogelarten abhängig macht und nicht als allgemeines Prinzip versteht (Wissen über den Kontext).

Sinnvoll erscheint Anna zudem, dass die Buchfinken bei Nahrungsknappheit um Futter streiten, wie in **Antwort D** (DIREKTER KONFLIKT DURCH NAHRUNGSKONKURRENZ). Darüber hinaus erscheint es ihr logisch, dass dabei die Stärkeren mehr Futter bekommen und überleben (ÜBERLEBEN DER STÄRKSTEN). Durch den besseren Nahrungszugang können sich die Stärksten dann auch besser vermehren (BESSERE VER-

MEHRUNG DER STÄRKSTEN). Durch die Inhalte von Antwort D kann Anna somit ihre Vorstellung um neue Aspekte erweitern.

Anna erkennt in Antwort C unterschiedliche Nahrungsansprüche (einige brauchen weniger, andere mehr), in Antwort D dann aber unterschiedliche Nahrungszugänge (einige bekommen mehr als andere), wodurch der Fortpflanzungserfolg von mehr Nahrung (D), bzw. geringeren Nahrungsansprüchen (C) abhängt. Sie bewertet beide Antworten und deren unterschiedliche Inhalte als plausibel.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die **Antworten A und B** lehnt Anna ab, da sie die dort beschriebenen Veränderungen nicht mit der Zeitdauer eines Sommers vereinen kann (ANPASSUNG IN EINER SAISON, kontextabhängige Bewertung). In Antwort A dauern aus ihrer Sicht genetische Veränderungen und in Antwort B die Veränderung über Generationen länger als die Zeitdauer eines Sommers. Die Begrenzung auf einen Sommer entnimmt sie den Inhalten des Itemstamms. Somit lehnt Anna weder die Anpassung durch genetische Veränderungen noch die Anpassung über mehrere Generationen direkt ab, sondern die Prozesse in ihrer kontextabhängigen Einbettung. Ihrer Meinung nach sind diese Anpassungsvorgänge zudem unnötig, da die Buchfinken für den zeitlich ungewissen Nahrungsengpass möglicherweise eine solche Anpassung nicht brauchen (ANPASSUNG MUSS SICH LOHNEN). Dabei ergeben sich Parallelen zur freien Antwort, in welcher sie die knappen Nahrungsressourcen als ausreichend beschrieben hat (vgl. Ausreichende Nahrungsressourcen). Zwar sind die genetischen Veränderungen in Antwort A in Annas Aussagen nicht im Vordergrund, dennoch ist erkennbar, dass sie Schwierigkeiten hat, eine Definition von „genetisch“ oder „genetischer Veränderung“ zu formulieren. Dabei tritt hervor, dass sie damit etwas im Körperinneren assoziiert. Durch die undeutlichen Aussagen wird dazu keine Konzeptformulierung vorgenommen.

### 5.7.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.45 : Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Ausreichende Nahrungsressourcen  Suchen alternativer Nahrung	zentraler Aspekt	Zielgerichtetheit und selektive Ansätze
	Neue Aspekte	✓ C +Überleben in Abhängigkeit der Nahrungsansprüche +Altersabhängige Nahrungsansprüche +Größenabhängige Nahrungsansprüche +Lebensraumabhängige Angepasstheit +Natur als Akteur +Bessere Vermehrung bei geringen Nahrungsansprüchen +Arterhaltene Anpassung
	<u>Wissen über den Kontext</u>	
	Neue Aspekte	✓ D +Direkter Konflikt durch Nahrungskonkurrenz +Überleben der Stärksten +Bessere Vermehrung der Stärksten
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x A !Anpassung in einer Saison !Anpassung muss sich lohnen
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x B !Anpassung in einer Saison !Anpassung muss sich lohnen

Die frei geäußerten Vorstellungen findet Anna in den Antwortoptionen nicht wieder (Tabelle 5.45). Überleben und Vermehrung einzelner Individuen kommen mit den Antworten C und D neu hinzu, die ihr sinnvoll erscheinen.

## 5.7.2 Interview mit Elena

### 5.7.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.7.2.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Elenas Erklärungen zu der Anpassung der Buchfinken an die Nahrungsknappheit ist wesentlich, dass sie eine Anpassung durch eine körperliche Veränderung tendenziell ablehnt. Plausibler erscheint ihr, dass die Nahrungsnot zu Verlusten in der Population führen wird. Das Sterben einiger Buchfinken wird dabei nicht auf bestimmte Eigen-

schaften zurückgeführt (außer die Stärke, Antwort D). Eine wissenschaftlich angemessene Vorstellung von Selektion besteht dabei nicht.

In der **freien Beantwortung** nennt Elena neben dem Überleben einzelner Individuen, das Aufsuchen neuer Lebensräume als Möglichkeit auf die Nahrungsnot zu reagieren, da diese lediglich auf ein Gebiet begrenzt ist (ÜBERLEBEN EINZELNER INDIVIDUEN, SUCHEN NEUER LEBENSÄÄUME). Durch die Antwortmöglichkeiten kommen neue Aspekte und Erweiterungen hinzu, der Schwerpunkt auf dem „selektiven“ Überleben als Beschreibung der Konsequenzen der Nahrungsnot bleibt dabei bestehen.

Das Überleben einzelner Individuen, was Elena bereits in der freien Beantwortung genannt hat, findet sie in den Antworten C und D wieder und stimmt beiden Antworten zu. Dabei findet sie bereits in **Antwort C** das Überleben und Sterben einiger Individuen überzeugend. Das Überleben ist dabei an die Nahrungsansprüche der einzelnen Individuen geknüpft (ÜBERLEBEN IN ABHÄNGIGKEIT DER NAHRUNGSANSPRÜCHE). Darin zeigen sich Parallelen zu der freien Vorstellung. Die Unterschiedlichkeit der Individuen, bzw. der Grund, weshalb einige Individuen überleben (Nahrungsansprüche), kommt dabei erweiternd hinzu. Ebenso vorstellbar erscheint ihr, dass sich die überlebenden Buchfinken mit geringeren Nahrungsansprüchen besser vermehren können (BESSERE VERMEHRUNG BEI GERINGEN NAHRUNGSANSPRÜCHEN). Die Ausdehnung auf generationenübergreifende Konsequenzen ist ein neu hinzukommender Aspekt. Zustimmung kann Elena in **Antwort D**, dass besonders die Stärksten diejenigen sind, die Vorteile haben. Dazu kann sie einen Alltagsbezug zum Menschen herstellen. Ihrer Erfahrung nach sind Stärkere dann die Überlegenen in einer Konfliktsituation. Dabei geht sie nicht auf das Überleben und Sterben ein, das sie im Kontext von Antwort C angesprochen hat, sie spricht lediglich von Vor- und Nachteilen (VORTEILE DER STÄRKSTEN). Durch die Vorteile der Stärkeren integriert Elena einen neuen Aspekt in ihr Vorstellungsmuster, der ihr besonders zusagt. Im Vergleich zu Antwort C geht sie im Zusammenhang mit Antwort D nicht auf den Vermehrungsaspekt ein (Ignorieren von Antwortaspekten).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

In **Antwort A** versteht Elena den dort beschriebenen Anpassungsvorgang als genetische Veränderung mit der Folge eines Zustandes, indem die Buchfinken keine Nahrung mehr benötigen. Die Anpassung vollzieht sich dabei als direkte Anpassung an die Nahrungsknappheit. Diese Vorstellung lehnt sie ab, weil sie zum einen von einem längerfristigen



Prozess ausgeht, der mit der hier vermuteten kurzen Zeitdauer (ein Sommer) nicht vereinbar ist und weil sie sich nicht vorstellen kann, dass die Buchfinken gar keine Nahrung mehr brauchen könnten (~~AUSBLEIBENDES NAHRUNGSBEDÜRFNIS~~, GENETISCHE VERÄNDERUNGEN BRAUCHEN ZEIT, kontextabhängige Bewertung). Alternativ schlägt sie eine Veränderung über Generationen vor (VERÄNDERUNG ÜBER GENERATIONEN). Unabhängig davon sieht sie keine Notwendigkeit in der Anpassung der Buchfinken durch die Nahrungsnot (~~ANPASSUNGS NOTWENDIGKEIT~~). Genetische Veränderungen beschreibt sie dabei als körperliche Veränderungen (KÖRPERLICHE VERÄNDERUNGEN DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN).

In **Antwort B** vermutet Elena eine ANPASSUNG AN DIE NATUR als zentralen Aspekt. Wie in Antwort A verbindet sie mit der in dieser Antwort beschriebenen Anpassung auch ein ausbleibendes Nahrungsbedürfnis als veränderten Zustand (~~AUSBLEIBENDES NAHRUNGSBEDÜRFNIS~~). Da sie sich, vergleichbar mit dem Ablehnungsgrund für Antwort A, nicht vorstellen kann, dass man ohne Nahrung überleben kann, lehnt sie diese Antwort ab (~~ÜBERLEBEN OHNE NAHRUNG~~, kontextabhängige Bewertung). Die in dieser Antwort ebenfalls aufgegriffene graduelle Anpassung lehnt sie nicht ab, stellt diese jedoch nicht in den Vordergrund (GRADUELLE ANPASSUNG, Unwesentlicher Aspekt). Auf die Veränderung über Generationen geht sie nicht ein, obwohl sie diese in Antwort A als vorstellbar beschrieben hat (Ignorieren von Antwortaspekten).

### 5.7.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.46: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	selektive Ansätze
Überleben einzelner Individuen	Erweiterung	✓ C +Überleben in Abhängigkeit der Nahrungsansprüche
	Neuer Aspekt	+Bessere Vermehrung bei geringen Nahrungsansprüchen
Suchen neuer Lebensräume	Neuer Aspekt	✓ D +Vorteile der Stärksten (Vermehrung)
	<u>Ignorieren von Antwortaspekten</u>	
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x A -Ausbleibendes Nahrungsbedürfnis +Gen. Ver. brauchen Zeit -Anpassungs-Notwendigkeit !Veränderung über Generationen
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u> <u>Unwesentlicher Aspekt</u> <u>Ignorieren von Antwortaspekten</u>	x B +Anpassung an die Natur +Ausbleibendes Nahrungsbedürfnis -Überleben ohne Nahrung  +Graduelle Anpassung (Veränderung über Generation)
	antwortunabhängig	Körperliche Veränderungen durch genetische Veränderungen

Elena kann die Ansätze im selektiven Überleben in Antwort C beibehalten (Tabelle 5.46). Durch die Unterschiedlichkeit in den Nahrungsansprüchen erweitert sie diese Vorstellung durch Antwort C. Neue Aspekte kommen durch die Vermehrung hinzu und plausible Inhalte von Antwort D. Das Suchen neuer Lebensräume greift sie bei der Bewertung der Antworten nicht erneut auf.

### 5.7.3 Interview mit Moritz

#### 5.7.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.7.3.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Moritz' Erklärungen zu den Konsequenzen der Nahrungsknappheit, denen eine Buchfinkenpopulation ausgesetzt ist, tritt die Vorstellung vom ÜBERLEBEN DER STÄRKSTEN in den Vordergrund, sowohl in der **freien Beantwortung**, als auch im Zusammenhang der Bewertung der Antwortmöglichkeiten. Selektive Ansätze äußert sie darin, dass einige sterben (ÜBERLEBEN EINZELNER INDIVIDUEN). Eine Auslese im Sinne einer fachlich angemessenen Selektion beschreibt Moritz allerdings nicht. Das Überleben Einzelner greift er in den Antwortoptionen erneut auf und lehnt die Antworten ab, in denen seiner Auffassung nach eine Veränderung der Individuen vorgesehen ist. Durch die Antworten integriert Moritz generationenübergreifende Aspekte in seine Vorstellung. Entsprechend kommen neue Ansätze hinzu.

Das Überleben und bessere Vermehren einiger Buchfinken erscheint Moritz in **Antwort C** plausibel. Er macht dabei die Überlebenschancen von den Nahrungszugängen abhängig. Bessere Nahrungszugänge haben aus Moritz' Perspektive die Stärkeren, worin er Parallelen zu Antwort D erkennt (ÜBERLEBEN IN ABHÄNGIGKEIT DER NAHRUNGSZUGÄNGE, NAHRUNGSVORTEILE DER STÄRKEREN). Seiner Auffassung nach kann er diese Aspekte auch in Antwort C unterbringen. Die bessere Vermehrung Einiger (bzw. der Stärkeren) führt er auf eine bessere Versorgung der Nachkommen durch die Eltern zurück (VERMEHRUNGSVORTEIL BEI ELTERLICHER FÜRSORGE). Er geht zudem davon aus, dass das Sterben einiger Individuen und die bessere Vermehrung anderer Buchfinken, die Anzahl der Individuen in der Population ausgleicht (GLEICHGEWICHT DURCH STERBEN UND VERMEHREN). Darin zeigt sich eine arterhaltende Vorstellung, die jedoch nicht direkt geäußert wird. Der generationenübergreifende Aspekt kommt neu hinzu.

In **Antwort D** erkennt Moritz eine Übereinstimmung mit seiner freien Antwort, in der er den Stärkeren einen Überlebensvorteil zuspricht (ÜBERLEBEN DER STÄRKSTEN). Die abgelehnten Antworten A und B, die aus seiner Sicht mit der Anpassung über einen zu langen Zeitraum verbunden sind, bringt er an dieser Stelle als Unterstützung der

Plausibilität von Antwort D ein (~~ANPASSUNG IN EINER SAISON~~). Eine Veränderung der Individuen oder über Generationen lehnt er somit ab, weil diese aus seiner Sicht im gegebenen Kontext ungünstig sind und bevorzugt stattdessen die Antworten in denen individuelle Unterschiede zu Vor- oder Nachteilen im Überleben und bei der Vermehrung führen.

In den **Antworten C und D** greift Moritz die Unterscheidung der Individuen auf. Er erweitert diese Unterscheidung indem er den Stärkeren die Schwächeren entgegen setzt und diese dann nochmal in Erwachsene (Stärkere) und Junge und Alte (Schwächere) differenziert. Dabei geht er nicht von grundsätzlich unterschiedlichen Eigenschaften aus (im Sinne von Variation), sondern bezieht Vor- oder Nachteile im Überleben auf Altersunterschiede (ALTERSABHÄNGIGE ÜBERLEBENSVORTEILE).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die gezielte genetische Veränderung in **Antwort A** lehnt Moritz ab. Er geht davon aus, dass die Buchfinken sich nicht innerhalb eines Sommers so verändern können, dass diese überleben (~~ANPASSUNG IN EINER SAISON~~, kontextabhängige Bewertung). Er stellt sich vor, dass das ein paar Generationen dauert. Mit der Veränderung über Generationen stellt er die zeitliche Dimension in den Vordergrund und nicht die Veränderung als generationenübergreifenden Prozess (ANPASSUNG BRAUCHT ZEIT). Zudem bezieht sich seine Ablehnung primär auf den zeitlichen Aspekt und weniger auf die Möglichkeit der Anpassung über eine gezielte genetische Veränderung, die in Antwort A zentral ist (Unwesentlicher Aspekt). Eine allgemeine Definition zur genetischen Veränderung gibt Moritz nicht an, er setzt diese lediglich mit der in diesem Kontext angenommenen gezielten Anpassung gleich (GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS GEZIELTE ANPASSUNG). Gene wiederum definiert er unabhängig von der Aufgabe in welcher das Wort verwendet wird. Er beschreibt diese als gleiche Eigenschaften von Verwandten (GLEICHE GENE BEI VERWANDTEN). Alternativ zur längerfristigen körperlichen Veränderung beschreibt er eine bewusste Verhaltensänderung der Individuen als anpassende Handlung an die Umweltveränderungen (VERHALTENSÄNDERUNG ALS ANPASSUNG).

Ebenfalls aus zeitlichen Gründen lehnt Moritz **Antwort B** ab. Eine Anpassung über Generationen erscheint ihm nicht hilfreich, wenn die Buchfinken mit der aktuellen Nahrungsknappheit in dem beschriebenen Sommer überleben müssen und nicht so lange warten können. Die in Antwort B genannte zeitliche Komponente der Anpassung „über

Generationen“ ist aus seiner Perspektive nicht vereinbar mit der Nahrungsnot in einem Sommer (kontextabhängige Bewertung). Auch in dieser Antwort bezieht sich die Ablehnung nicht direkt auf die Möglichkeit einer Anpassung über Generationen, sondern auf die zeitliche Dimension, die nach Moritz Auffassung im Widerspruch mit „einem Sommer“ im Itemstamm ist. Auf Grund der Anpassungs-Notwendigkeit innerhalb eines kürzeren Zeitraums (in einem Sommer) kann er dieser Vorstellung nicht zustimmen (NOTWENDIGKEIT KURZFRISTIGER ANPASSUNG).

Widersprüche ergeben sich darin, dass Moritz im Zusammenhang mit Antwort A (genetische Veränderung) eine längere Zeitdauer der Anpassung befürwortet, in Antwort B (Veränderung über Generationen) dann aber genau diese kritisiert (Widerspruch).

### 5.7.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.47: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Überleben der Stärksten  Überleben einzelner Individuen	zentraler Aspekt	Überleben der Stärksten
	Übereinstimmung	✓ D +Überleben der Stärksten -Anpassung in einer Saison +altersabhängige Überlebensvorteile
	Erweiterung	
	Übereinstimmung Neue Aspekte	✓ C +Überleben in Abhängigkeit der Nahrungszugänge +Elterliche Fürsorge als Vermehrungsvorteil +Überleben und Vermehren als Ausgleich +altersabhängige Überlebensvorteile
	Erweiterung	
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x A -Anpassung in einer Saison +Anpassung braucht Zeit +Verhaltensänderung als Anpassung +Gen. Ver. als gezielte Anpassung
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x B +Notwendigkeit kurzfristiger Anpassung
antwortunabhängig	+Gleiche Gene bei Verwandten	

Die Vorstellung vom Überleben der Stärkeren/Stärksten äußert Moritz bereits in der freien Antwort und findet Übereinstimmungen in den Antworten C und D (Tabelle 5.47). Die beiden Antworten werden von ihm verglichen, wodurch sich beschriebene Vorstellungen überschneiden. In den Bewertungen der Antworten A und B ergeben sich Widersprüche.

## 5.7.4 Interview mit Kai

### 5.7.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.7.4.2 Explikation

#### **Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten**

In Kais Erklärungen zur Anpassung an veränderte Nahrungsbedingungen treten sehr unterschiedliche Vorstellungsansätze auf, die sich spontan ändern können. Bei der Bewertung der Antworten ist der Kontext von Bedeutung, der entscheidend zur Zustimmung oder Ablehnung von Antwortinhalten beiträgt. Kai kann sowohl der Anpassung von Individuen zustimmen, als auch selektiven Ansätzen, die keine individuelle Veränderung als Anpassung vorsehen. Bereits in der **freien Beantwortung** beschreibt er, dass die Buchfinken sich neue Nahrungsquellen suchen (SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG). Dabei unterscheidet er zwischen wild lebenden und domestizierten Vögeln, wobei er den wild Lebenden die selbstständige Suche von Alternativen zugesteht (UNTERSCHIEDUNG VON WILD- UND HAUSFORM). Kai kann sich auch vorstellen, dass sich Familienmitglieder kooperativ unterstützen und dadurch besser mit dem Nahrungsmangel zurechtkommen (KOOPERATION IN DER FAMILIE). Unter Hinzukommen der Antwortmöglichkeiten bleibt als wesentlicher Aspekt bestehen, dass die Buchfinken sich nicht verändern, um mit der Situation besser zurechtkommen. Die genannten Erklärungen in der freien Beantwortung werden jedoch im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten nicht erneut angesprochen. Durch die Antworten modifiziert Kai somit seine Vorstellung, neu aufgegriffene Aspekte kommen dazu.

**Antwort B** beschreibt Kai als eine Anpassung der Nachkommen mit der Folge eines geringeren Nahrungsbedürfnisses (ANPASSUNG DER NACHKOMMEN, ANGEPASSTHEIT DURCH GERINGEN NAHRUNGSBEDARF). Dabei geht er von einer direkten Anpassung an die Umweltveränderung aus. Das geringere Nahrungsbedürfnis lehnt Kai in Antwort A jedoch ab. Bei der Bewertung von Antwort B geht er darauf jedoch nicht kritisch ein. In diesem Zusammenhang stört ihn vielmehr, dass die Anpassung seiner Meinung nach nicht in so kurzer Zeit stattfinden kann (ANPASSUNG BRAUCHT ZEIT). Zudem erscheint ihm die Anpassung für eine Saison nicht sinnvoll, weil die Möglichkeit besteht, dass im nächsten Sommer keine Nahrungsnot mehr vorherrscht (ANPASSUNG MUSS SICH LOHNEN). Dabei wird deutlich, dass der Aspekt „für einen Sommer“ in der Fragestellung einen entscheidenden Einfluss auf die Bewertung der Antwort

hat (kontextabhängige Bewertung). Anschließend ändert Kai aber seine Meinung, weil er sich an die Auseinandersetzung mit der Aufgabe zur Entwicklung der Schwimmhäute bei den Enten erinnert (vgl. Enten-Aufgabe, Kap. 5.9). Dadurch lässt er letztlich die Vorstellung einer automatischen und gezielten Anpassung an die Umwelt als plausible Vorstellung in diesem Zusammenhang stehen (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE ANPASSUNG). Durch diese Meinungsänderung ändert er seine Ablehnung in eine Zustimmung und seine freie Vorstellung wird dabei um neue Aspekte ergänzt.

Das ÜBERLEBEN DER STÄRKSTEN in **Antwort D** erscheint Kai sinnvoll. Verglichen mit den kooperativen Verhaltensweisen innerhalb der Familie in der freien Antwort (Kooperation in der Familie) kommen dadurch erweiternd interaktive Aspekte hinzu, die nicht auf Kooperation beruhen, sondern auf Konkurrenz. Erst auf Nachfrage geht Kai auf die Vermehrung ein (Unwesentlicher Aspekt). Plausibel an Antwort D erscheint ihm das Überleben der Stärkeren, nicht aber eine bessere Vermehrung in Abhängigkeit der Stärke (~~BESSERE VERMEHRUNG DER STÄRKSTEN~~, Zustimmen von Antwortaspekten). Dabei stellt er einen direkten Zusammenhang zwischen der Stärke und der Vermehrung her. Die Vermehrung kann seiner Meinung nach lediglich durch gute Gesundheit und Zeugungsfähigkeit positiv beeinflusst werden (BESSERE VERMEHRUNG DURCH GESUNDHEIT, VERMEHRUNG DURCH ZEUGUNGSFÄHIGKEIT). Dabei greift er generationenübergreifende Aspekte in der Antwort auf, ein Verständnis von der Bedeutung der Vermehrung im evolutionären Sinne ist dabei nicht erkennbar.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort A** lehnt Kai ab, da er sich nicht vorstellen kann, dass durch genetische Veränderungen die Nahrungsansprüche der Buchfinken abnehmen. Dabei bezieht er sich nicht direkt auf die genetischen Veränderungen, sondern auf die Veränderung der Nahrungsansprüche der Buchfinken an sich (~~ABNAHME DES NAHRUNGSBEDÜRFNISSES~~, kontextabhängige Bewertung).

In der Definition einer genetischen Veränderung bezieht sich Kai zum einen auf Antwort A und zum anderen auf Antwort B. In Antwort A beschreibt er diese als Anpassung des Körpers (GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS KÖRPERLICHE ANPASSUNG). In Bezug auf Antwort B spricht er von ungleichen Genen der Eltern, die dazu führen, dass bei den Nachkommen abweichende Merkmale auftreten (ABWEICHENDE MERKMALE DER NACHKOMMEN DURCH UNGLEICHE GENE DER ELTERN). Die beiden unterschiedlichen Definitionen zeigen eine starke Kontextabhängigkeit der Vorstel-

lungsgenerierung für diesen Begriff. Gene beschreibt er als Merkmale, wodurch er diese beiden Begriffe gleichsetzt und beide auf phänotypischer Ebene einordnet (GENE ALS MERKMALE, GENOTYP ENTSPRICHT PHÄNOTYP).

In **Antwort C** erkennt Kai unterschiedliche Nahrungsansprüche der Buchfinken, die ihnen das Überleben sichern: „Die einen brauchen weniger Beeren um zu überleben, die anderen mehr“ (137-138). Dabei erwähnt er nicht, dass einige sterben könnten. Die Unterschiedlichkeit der Buchfinken lehnt Kai ab, weil er von gleichen Merkmalen der Buchfinken ausgeht (~~UNTERSCHIEDLICHE NAHRUNGSANSPRÜCHE DER INDIVIDUEN~~). Diese Vorstellung begründet er damit, dass die Buchfinken einer „Sorte“ angehören (GLEICHE INNERARTLICHE MERKMALE). Auf die anderen Aspekte der Antwort geht Kai nicht weiter ein. Seine Bewertung der besseren Vermehrung macht er unter Bezugnahme zu Antwort D (s. Antwort D).



### 5.7.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.48: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	unklar
Suchen alternativer Nahrung	Neue Aspekte <u>Zustimmen von Antwortaspekten</u>	✓ D +Überleben der Stärksten -Bessere Vermehrung durch Stärke
Kooperation in der Familie	<u>Unwesentlicher Aspekt</u>	!Bessere Vermehrung durch Gesundheit !Vermehrung durch Zeugungsfähigkeit (Vermehrung)
Unterscheidung von Wild- und Hausform	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x B +Anpassung der Nachkommen +Angepasstheit durch geringen Nahrungsbedarf ! Anpassung braucht Zeit +Anpassung muss sich lohnen
	<u>Meinungsänderung</u>	✓ +Automatische und gezielte Anpassung
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x A -Abnahme des Nahrungsbedürfnisses
		x C -Unterschiedliche Nahrungsansprüche der Individuen +Gleiche innerartliche Merkmale
	antwortunabhängig	+Genetische Veränderungen als körperliche Anpassung +Abweichende Merkmale der Nachkommen durch ungleiche Gene der Eltern +Genotyp entspricht Phänotyp

Kais freie Vorstellung findet sich nicht in einer der Antwortoptionen wieder, er kann jedoch in Antwort D neue Aspekte aufgreifen, denen er zustimmen kann.

### 5.7.5 Interview mit Inka

#### 5.7.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.7.5.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Inka geht zunächst davon aus, dass die Buchfinken bei Nahrungsknappheit alternative Nahrungsangebote aufsuchen werden (SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG). Sie können somit eigenständig ihre Situation verbessern. Diese bereits in der freien Beant-

wortung genannte Vorstellung greift Inka in den Antworten wieder auf, obwohl dazu keine Antwortoption gegeben ist. Über diese Vorstellung begründet sie an verschiedenen Stellen ihre Vorstellung von einer gewissen Flexibilität der Buchfinken, mit den Veränderungen umzugehen. Durch die Antwortmöglichkeiten kommen neue Anpassungsvorgänge hinzu, die mit der Vorstellung des eigenständigen Suchens alternativer Nahrung verknüpft werden. Dabei findet keine Modifizierung der ursprünglichen Vorstellung statt. Das Suchen neuer Nahrungsquellen wird dadurch erweitert, dass dieses Verhalten dann auch generationenübergreifend beschrieben wird.

In **Antwort A** erkennt Inka eine gezielte Anpassung aus Notwendigkeit, die genauer durch eine genetische Veränderung stattfindet (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Die genetische Veränderung wird dabei als Verhaltensänderung beschrieben, die eintritt, wenn die bisherige Verhaltensweise nicht mehr funktioniert (zu wenige Beeren werden gefunden) (GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS VERHALTENSÄNDERUNG). Auf Grund der Veränderung suchen die Buchfinken dann neue Nahrungsquellen auf, wodurch sich Parallelen zur freien Beantwortung ergeben. Erweiternd beschreibt sie hier das Aufsuchen neuer Orte, an denen die Finken Futter finden können, während sie zuvor das Aufsuchen alternativer Nahrungsressourcen geäußert hat (SUCHEN NEUER LEBENSRAUME). Gleichzeitig spricht sie aber auch von körperlichen Veränderungen, wie eine Magenverkleinerung (GEZIELTE VERÄNDERUNG DES VERDAUUNGSTRAKTS). Darin zeigt sich die Vorstellung von einer direkten Anpassung an die Nahrungsnot. Während die Verhaltensänderung für Inka eine selbstbestimmte Anpassung darstellt, haben die Individuen auf körperliche Veränderungen keinen Einfluss, da diese automatisch passiert (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE KÖRPERLICHE ANPASSUNG). Alle Komponenten enthalten übergeordnet die Vorstellung von einer Zielgerichtetheit der Veränderung.

In **Antwort B** tritt erneut die Anpassung durch SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG in den Vordergrund, wodurch Inka in dieser Antwort eine Übereinstimmung mit ihrer freien Beantwortung findet. Bei der Beschreibung der Anpassung wechselt Inka von der individuellen Ebene zur Populationsebene und spricht dann von der ganzen Generation (vgl. mit dem Aufsuchen alternativer Nahrung in der freien Antwort) (ANPASSUNG VON INDIVIDUEN, ANPASSUNG DER GENERATION). Die Veränderung über Generationen, die sie als graduelle Veränderung auffasst, steht dabei nicht im Vordergrund (Unwesentlicher Aspekt). Sie geht erst auf Nachfrage darauf ein. Zentral ist für Inka die selbstständige Anpassung durch Aufsuchen neuer Futterquellen. Die Anpassung an die

neue Nahrungssituation mündet aus Inkas Sicht in eine Gewöhnung. Das Aufsuchen alternativer Nahrungsquellen ist dann für die Generation „normal“. Damit ist dann der angepasste Zustand erreicht (GEWOHNHEIT IST ANGEPASSTHEIT).

Inka kann ihre zentrale Vorstellung (Suchen alternativer Nahrung) in die **Antworten A und B** integrieren. Die Antworten werden durch die Offenheit der Inhalte und Formulierungen, die eine solche Verknüpfung zulassen, somit zu einem wesentlichen Teil durch die Einbindung der bereits hervorgehobenen Vorstellung (aus der freien Antwort) positiv bewertet.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Nicht vereinen kann sie die zentrale Vorstellung (Suchen alternativer Nahrung) mit dem Überleben und Sterben einiger Buchfinken in **Antwort C**. Als Begründung der Ablehnung setzt sie erneut die Möglichkeit des Suchens anderer Nahrung entgegen (SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG). Unterschiedliche Eigenschaften, wie sie hier beschrieben werden, sind somit nicht wichtig, da sich ihrer Meinung nach jeder entsprechend anpassen kann. Den Aspekt der Vermehrung beachtet sie erst auf Nachfrage (Unwesentlicher Aspekt). Ihrem Verständnis nach können sich die „aktuellen“ Buchfinken in der Situation der Nahrungsknappheit besser vermehren als ihre Vorfahren. Das lehnt sie ab (~~VERMEHRUNGSVORTEILE GEGENÜBER VORFAHREN~~).

Das Überleben der Stärksten, wie sie **Antwort D** versteht, beschreibt Inka ebenfalls als abwegig, da sie nicht von Streitereien unter den Buchfinken ausgeht (~~DIREKTER KONFLIKT DURCH NAHRUNGSKONKURRENZ~~). Das begründet sie damit, dass die Buchfinken territorial sind und sich nicht in die Quere kommen (TERRITORIALITÄT VERHINDERT KONFLIKTSITUATION). In diesem Zusammenhang sieht Inka keine Vorteile für starke Individuen.

Aus Inkas Sicht können sich somit alle Buchfinken an die veränderte Nahrungssituation anpassen. Zwar greift Inka in den Antwortmöglichkeiten auch körperliche Anpassungsvorgänge auf, die nicht durch die Buchfinken gesteuert werden, selbstständige anpassende Handlungen, die keiner körperlichen Veränderung bedürfen, werden jedoch immer parallel eingebunden. Jeder Anpassungsvorgang wird dabei als zweckgerichtet beschrieben.

### 5.7.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.49: Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe bei Inka und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Suchen alternativer Nahrung	Zentraler Aspekt	Zielgerichtete Anpassung
	Neue Aspekte	✓ A +Anpassung aus Notwendigkeit +Genetische Veränderung als Verhaltensänderung +Gezielte Veränderung des Verdauungstrakts +Automatische und gezielte körperliche Anpassung
	Erweiterung	+Suchen neuer Lebensräume
	Übereinstimmung Neuer Aspekt Beibehaltung Neuer Aspekt, <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	✓ B +Suchen alternativer Nahrung +Gewohnheit ist Angepasstheit +Anpassung von Individuen +Anpassung der Generation
	<u>Unwesentlicher Aspekt</u>	x C !Suchen alternativer Nahrung -Vermehrungsvorteile gegenüber Vorfahren
	x D -Direkter Konflikt durch Nahrungskonkurrenz +Territorialität verhindert Konfliktsituation	

Ihre frei geäußerte Vorstellung kann Inka mit Antwort B vereinen (Tabelle 5.49). Auch wenn ihre Vorstellung nicht den Antwortinhalten entspricht, findet Inka in dieser Antwortoption eine Übereinstimmung. Erweitern kann sie ihre Vorstellung durch Antwort A, in welcher primär neue Aspekte dazukommen.

### 5.7.5.4 Vergleich der Konzepte zur Buchfinken-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.50: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Buchfinken-Aufgabe (natürliche Selektion).

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>A</b>	!Anpassung in einer Saison	-Ausbleibendes Nahrungsbedürfnis	-Anpassung in einer Saison	-Abnahme des Nahrungsbedürfnisses	+Gezielte Veränderung des Verdauungstrakts
	!Anpassung muss sich lohnen	!Gen. Ver. brauchen Zeit !Veränderung über Generationen	+Anpassung braucht Zeit		+Anpassung aus Notwendigkeit +Automatische und gezielte körperliche Anpassung
		-Anpassungs-Notwendigkeit	+Gen. Ver. als gezielte Anpassung		+Gen. Ver. als Verhaltensänderung +Suchen neuer Lebensräume
<b>B</b>		+Ausbleibendes Nahrungsbedürfnis	+Verhaltensänderung als Anpassung	+Angepasstheit durch geringen Nahrungsbedarf	
	+Graduelle Anpassung			!Anpassung braucht Zeit	
	!Anpassung muss sich lohnen !Anpassung in einer Saison		+Notwendigkeit kurzfristiger Anpassung	+Anpassung muss sich lohnen	
		-Überleben ohne Nahrung +Anpassung an die Natur			+Automatische und gezielte Anpassung
					+Suchen alternativer Nahrung

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>	
<b>B</b>						
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Überleben in Abhängigkeit der Nahrungsansprüche</li> <li>+Altersabhängige Nahrungsansprüche</li> <li>+Größenabhängige Nahrungsansprüche</li> <li>+Lebensraumabhängige Anpasstheit</li> <li>+Bessere Vermehrung bei geringen Nahrungsansprüchen</li> <li>+Angepasstheit durch geringen Nahrungsbedarf</li> <li>+Arterhaltene Anpassung</li> <li>+Natur als Akteur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Überleben in Abhängigkeit der Nahrungsansprüche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Überleben in Abhängigkeit der Nahrungszugänge</li> <li>+Nahrungsvorteile der Stärkeren</li> <li>+Vermehrungsvorteil bei elterlicher Fürsorge</li> <li>+Gleichgewicht durch Sterben und Vermehren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Anpassung der Nachkommen</li> <li>+Unterschiedliche Nahrungsansprüche der Individuen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Gewohnheit ist Anpasstheit</li> <li>+Anpassung von Individuen</li> <li>+Anpassung der Generationen</li> </ul>	
<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Überleben der Stärksten</li> <li>+Direkter Konflikt durch Nahrungskonkurrenz</li> <li>+Bessere Vermehrung der Stärksten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Vorteile der Stärksten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+altersabhängige Überlebensvorteile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+Gleiche innerartliche Merkmale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>!Suchen alternativer Nahrung</li> <li>-Vermehrungsvorteile gegenüber Vorfahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Direkter Konflikt durch Nahrungskonkurrenz</li> <li>+Territorialität verhindert Konfliktsituation</li> </ul>

### 5.7.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

In der freien Beantwortung nennen vier der Probanden das Suchen alternativer Nahrung bzw. neuer Lebensräume. Selektive Ansätze zeigen sich in der Äußerung der Vorstellung vom Überleben der Stärksten (ein Fall) oder von Individuen (zwei Fälle). Ein Proband merkt an, dass die Nahrungsressourcen, so wie er die im Kontext beschriebene Situation auffasst, ausreichend sind. In drei Fällen werden die Antworten kontextabhängig bewertet und/oder Antwortaspekte ignoriert oder als unwesentlich betrachtet. Bei allen Probanden kommen neue Aspekte hinzu, nur in zwei Fällen finden die Interviewpartner eine Übereinstimmung in den Antworten.

Konzepte: AUSREICHENDE NAHRUNGSRESSOURCEN, SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG, SUCHEN NEUER LEBENSÄÄUME, ÜBERLEBEN EINZELNER INDIVIDUEN, ÜBERLEBEN DER STÄRKSTEN.

#### Antwort A

##### **Genetische Veränderungen überdauern eine Saison** (Elena, Moritz)

Antwort A kann zudem abgelehnt werden, weil die Interviewpartner sich vorstellen, dass eine genetische Veränderung länger als eine Saison dauert (Bezug zum Itemstamm). Dabei werden Vorstellungen zur Dauer genetischer Veränderungen deutlich, gleichzeitig beruht die Ablehnung auch auf den Angaben im Itemstamm und ist somit kontextabhängig.

Konzepte: GENETISCHE VERÄNDERUNGEN BRAUCHEN ZEIT, ANPASSUNG BRAUCHT ZEIT

##### **Direkte Anpassung an die Umweltveränderung** (Elena, Kai, Inka)

In Antwort A ist nicht die genetische Veränderung die zentrale Veränderung, sondern die damit verbundene Auswirkung. In der Vorstellung der Probanden ist das ein abnehmendes oder ausbleibendes Nahrungsbedürfnis. Dass die Nahrungsansprüche abnehmen oder ausbleiben, wird jedoch abgelehnt, weswegen auch Antwort A abgelehnt wird. Ob die Veränderung dabei auf genetischer Ebene vorstellbar ist, wird nicht angesprochen.

Dadurch findet keine direkte Bewertung der genetischen Veränderung statt. Zudem gehen die Interviewpartner davon aus, dass die Anpassung eine „direkte“ Anpassung an die Nahrungsnot ist. Entsprechend muss, aus Sicht dieser Schüler, das Nahrungsbedürfnis abnehmen. In Antwort B kann die konkrete Veränderung auch mit einer Veränderung des Nahrungsbedürfnisses erklärt werden.

Erklärungsmuster: *Direkte Anpassung an die Umweltveränderung*

Konzepte: ~~AUSBLEIBENDES NAHRUNGSBEDÜRFNIS, ABNAHME DES NAHRUNGSBEDÜRFNISSES~~, GEZIELTE VERÄNDERUNG DES VERDAUUNGSTRAKTS, ANGEPASSTHEIT DURCH GERINGEN NAHRUNGSBEDARF

### Antworten A und B

**Konflikte mit der zeitlichen Begrenzung „in einem Sommer“** (Anna, Kai, Moritz, Elena)

Im Zusammenhang der Antworten A und B ergeben sich verschiedene zeitliche Aspekte, die als Grund der Ablehnung dieser Antworten genannt werden.

Für Antwort B entsteht ein Konflikt mit dem Itemstamm, da in diesem von „einem Sommer“ die Rede ist, während in Antwort B eine Veränderung über Generationen beschrieben wird. Da in Antwort B keine Anpassung in einem Sommer möglich wäre, weil eine Anpassung über Generationen aus der Sicht der Interviewpartner länger dauert, wird diese Antwort abgelehnt.

Ein weiterer Konflikt ergibt sich aus der Vorstellung, dass die Nahrungsnot auf einen Sommer begrenzt ist. Eine Veränderung über Generationen (Antwort B) wird dann abgelehnt, weil im nächsten Sommer der Anpassungsvorgang möglicherweise hinfällig wäre, weil die Nahrungsnot vorüber ist. Dabei ergibt sich aus Sicht der Interviewpartner ein Widerspruch für die Kontextbeschreibung im Itemstamm und die Inhalte der Antwort B.

Ein weiterer Ablehnungsgrund ist die Vorstellung einer Anpassungs-Notwendigkeit, die gegeben sein muss, damit eine Veränderung folgt. Insbesondere im Zusammenhang mit Antwort A kann eine Anpassung für lediglich einen Sommer als nicht lohnenswert bewertet werden, da die Nahrungsbedingungen im folgenden Sommer wieder anders sein können. Dabei gehen die Interviewpartner davon aus, dass die Nahrungsknappheit auf einen Sommer begrenzt sein könnte.



Durch den Konflikt mit „einem Sommer“ im Itemstamm ist die Ablehnung oftmals kontextabhängig. Die genetische Veränderung oder die Anpassung über Generationen werden dabei als solche nicht berücksichtigt.

Erklärungsmuster: *Anpassung aus Notwendigkeit*

Konzepte: ANPASSUNG MUSS SICH LOHNEN, ANPASSUNG IN EINER SAISON, NOTWENDIGKEIT KURZFRISTIGER ANPASSUNG, ~~ANPASSUNGS NOTWENDIGKEIT~~

Kategorien: kontextabhängige Bewertung

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Max (456-467):** Antwort B habe ich auch nicht genommen, weil hier [im Itemstamm] nur ein heißer Sommer steht. Nächstes Jahr ist es vielleicht besser und sie passen sich nur in diesem Sommer an [...] (kontextabhängige Bewertung)

**Nina (385-388):** Antwort B habe ich nicht genommen, weil hier in der Aufgabe nur von "einem heißen Sommer" die Rede ist und ich glaube nicht, dass die sich von Generation zu Generation verändern können, wenn es wirklich nur einen heißen Sommer gibt. (kontextabhängige Bewertung)

### Antwort C

#### **Plausibilität der Unterschiedlichkeit in Antwort C (Anna, Elena, Moritz)**

Die Unterschiedlichkeit der Buchfinken in Antwort C kann durch einen Alltagsbezug logisch erschlossen werden, da Lebewesen unterschiedliche Mengen an Nahrung zu sich nehmen. Dies kann davon abhängen, wie groß oder wie alt die einzelnen Individuen sind. Dadurch erscheint dieser Aspekt in der Antwort für viele Schüler sinnvoll und trägt zur Zustimmung dieser Antwort bei. Ein Variationskonzept im wissenschaftlich angemessenen Sinne besteht dabei noch nicht. In diesem Kontext wird somit der Unterschiedlichkeit der Individuen durch die alltagsnahe Verknüpfung mit unterschiedlichen Nahrungsansprüchen (vgl. Moritz Nahrungszugänge) zugestimmt. Die unterschiedlichen Nahrungsansprüche können dabei durch unterschiedliche Körpergrößen oder das Alter erweitert werden.

Erklärungsmuster: *Natürliche Unterschiede im Nahrungsbedürfnis*

Konzepte: ÜBERLEBEN IN ABHÄNGIGKEIT DER NAHRUNGSANSPRÜCHE;

Erklärungsmuster: *Alters- und größenabhängige Unterschiede im Nahrungsbedürfnis*

Konzepte: ALTERSABHÄNGIGE NAHRUNGSANSPRÜCHE; GRÖSSENABHÄNGIGE NAHRUNGSANSPRÜCHE

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Max (431-433):** Ich glaube nicht, dass einige weniger Beeren brauchen. Doch wenn es kleine Kinder sind, dann brauchen sie vielleicht mehr. (ALTERSABHÄNGIGE NAHRUNGSANSPRÜCHE)

#### **Alternative Nahrungssuche als zusätzliche Vorstellung** (Anna, Kai, Inka, Elena)

Die Probanden gehen davon aus, dass die Buchfinken alternative Nahrungsquellen erschließen, wenn die bislang genutzten knapp werden. Diese Vorstellung wird meist in der freien Beantwortung angesprochen, aber auch auf die Antworten übertragen. In keinem der Fälle wird diese Vorstellung erst durch die Antworten generiert.

Erklärungsmuster: *Erschließung neuer Ressourcen*

Konzepte: SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG, SUCHEN NEUER LEBENSÄRÄUME

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lena (Antwort A) (336-338):** Wenn die merken, dass es keine Samen und Beeren mehr gibt oder zumindest nur noch wenige, und dass die sich davon nicht mehr ernähren können, dann suchen die sich anderes Futter und das essen die dann nur noch. (SUCHEN ALTERNATIVER NAHRUNG)

#### **Vermehrung als unwesentlicher Aspekt** (Inka, Elena, Kai)

Viele Interviewpartner berücksichtigen in den Antworten C und D primär das Überleben der einzelnen Individuen, nicht aber den Vermehrungsaspekt. Sie gehen darauf ein, wenn darauf hingewiesen wird.

Kategorien: Unwesentlicher Aspekt, Zustimmen von Antwortaspekten, Ignorieren von Antwortaspekten

#### **Ablehnen und Zustimmung von Antwortblöcken** (Moritz, Elena, Anna)

Die Antworten A und B werden aus kontextabhängigen Gründen abgelehnt (s.o.) und gleichzeitig den Antworten C und D zugestimmt, weil sie die Unterschiedlichkeit hervorheben. Diese ist dabei an die unterschiedlichen Nahrungsansprüche oder -zugänge geknüpft (s. Einzelstrukturierung).

## Wortverständnis

### **Genetische Veränderungen und Gene**

Zu genetischen Veränderungen können entweder keine Definitionen gegeben werden oder nur undeutliche, andere wiederum generieren diese durch den Kontext. Genauere Angaben beziehen sich dann auf die Auswirkungen und optischen Veränderungen. Dabei werden körperliche Veränderungen und Verhaltensänderungen genannt oder unspezifisch mit der gezielten Anpassung gleichgesetzt. Gene werden mit dem Phänotypen gleichgesetzt, bzw. als bei Verwandten gleichermaßen vorhanden beschrieben.

Konzepte: KÖRPERLICHE VERÄNDERUNGEN DURCH GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS GEZIELTE VERÄNDERUNG, GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS VERHALTENSVERÄNDERUNG, GENE ALS MERKMALE, GENOTYP ENTSPRICHT PHÄNOTYP

#### **5.7.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Buchfinken-Aufgabe**

Alle Probanden erwähnen in ihrer Wiedergabe der Inhalte im Itemstamm den Nahrungsbedarf der Buchfinken (Samen und Beeren) und die Nahrungsknappheit, die auf Grund eines heißen Sommers entsteht. Unterschiede zeigen sich in der Formulierung der Fragestellung. Einige Probanden nennen keine direkte Frage (Anna, Inka, Moritz), gehen dann aber in der Beantwortung darauf ein. Elena und Kai hingegen formulieren ihre Auffassung der Fragestellung als Reaktion der Buchfinken (Elena) oder Überlebensmöglichkeiten der Buchfinken (Kai). Darin zeigt sich bereits die Überlegung nach den Handlungsmöglichkeiten der Buchfinken (Elena, anthropomorphe Perspektive) bzw. die Überlegung danach, wie die Buchfinken überleben können (Kai, arterhaltende Perspektive). In der freien Beantwortung gehen dann beide Probanden von der eigenständigen Suche neuer Lebensräume oder Nahrungsquellen aus (eigenständige Handlungsmöglichkeiten), verändern ihre Vorstellung dann aber durch die Antwortoptionen. Dabei ergeben sich Präferenzen für die Antworten C oder D, in denen unterschiedliche Eigenschaften einen besseren oder schlechteren Umgang mit der Nahrungsknappheit ermöglichen, wobei das Individuum keine aktive Anpassung an die Situation vornimmt. Der Verlust von Individuen ist dann auch eine plausible Konsequenz der Nahrungsnot. Dabei wechselt zudem die Perspektive von der einheitlichen Anpassung zu unterschiedlichen Vor- und Nachteilen von Individuen (aber kein fachlich angemessenes Verständnis von Variation).

Schwierigkeiten hinsichtlich einzelner Wörter im Text treten nicht auf, Elena ist sich jedoch unsicher damit, ob die Nahrungsnot in der Aufgabe auf ein Gebiet begrenzt ist oder ein größeres Umfeld betroffen ist. Die Einschätzung des räumlichen Ausmaßes scheint dabei wichtig zu sein, da sie in ihrer freien Antwort von einer Suche neuer Lebensräume als anpassende Handlung ausgeht.

## 5.8 Augenfarben-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zu Merkmalen der Nachkommen (Entstehung von Merkmalen) in den Interviews überprüft.

**Eine schwangere Frau und ihr Mann erwarten einen Sohn. Sie überlegen, welche Augenfarbe ihr Sohn haben könnte, wenn er erwachsen ist. Der Mann hat blaue Augen und die Frau braune Augen. Welcher Antwort stimmst Du zu?**

- a. Er wird entweder die Augen der Mutter haben, die des Vaters oder einer der Großeltern.
- b. Er wird eine Augenfarbe haben, die genau zwischen der Augenfarben der Eltern liegt.
- c. Er wird eher die Augenfarbe des Vaters haben, da Söhne mehr von den Vätern erben.
- d. Es sind verschiedene Augenfarben möglich, er könnte auch grüne Augen haben.

In der Augenfarben-Aufgabe wird der Zusammenhang der Merkmale der Eltern und der Nachkommen ähnlich wie bei der Weismann-Aufgabe mit dem Bekommen der Merkmale beschrieben oder lediglich ein Vergleich der Merkmale der Vorfahren und der Nachkommen hergestellt. Entsprechend wird in der Explikation und bei der Konzeptbildung dann nicht die Vererbung zur Beschreibung der Vorstellungen genutzt, sondern die Weitergabe der Merkmale, da diese Wortverwendung die Vorstellungen der Probanden treffender benennt. Anna, Moritz und Kai sprechen auch vom Erben der Augenfarbe oder vom Abstammen (Anna). Entsprechend wird eine andere Wortwahl für diese Probanden verwendet. Die Konzepte werden möglichst auf den Kontext Augenfarbe bezogen, da die Vorstellungen sehr kontextabhängig formuliert werden.

## 5.8.1 Interview mit Anna

### 5.8.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.8.1.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Annas Vorstellung zur Augenfarbe des Sohnes zeigt sich ein zentrales Konzept. Bereits in der **freien Beantwortung** und auch in den Antwortmöglichkeiten betont Anna, dass der Sohn entweder blaue oder braune Augen haben wird, somit eine Augenfarbe der Eltern (AUGENFARBE DER ELTERN). Zwar vermutet sie auch, dass der Sohn auf Grund des gleichen Geschlechts die Augenfarbe des Vaters bekommen könnte, gleichzeitig gibt sie in ihrer freien Beantwortung aber auch an, dass man „nie weiß, was das Kind haben wird“ (1-2). Zudem lehnt sie die gleichgeschlechtliche Weitergabe der Augenfarbe im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten wieder ab. Zusätzlich erwähnt Anna, dass die Augenfarbe der Eltern auch als Gemisch bei dem Sohn auftreten könnte (MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN). Durch die Antworten erweitert Anna ihre Vorstellung und ergänzt sie durch Inhalte, die sie als stimmig auffasst. Teilweise werden Vorstellungsaspekte modifiziert und verworfen. Die Zentralität der Vorstellung der Weitergabe einer der elterlichen Augenfarben tritt durch die Auseinandersetzung mit den Antwortmöglichkeiten deutlicher hervor. Bei der Verwendung des Wortes Vererbung zeigt sich ein Verständnis von diesem Begriff im Sinne einer Weitergabe von Merkmalen (VERERBUNG ALS WEITERGABE).

Die Vorstellung der Weitergabe einer der elterlichen Augenfarben wird durch die Zustimmung zu **Antwort A** gestützt, in welcher Anna eine Übereinstimmung mit ihrer eigenen Vorstellung erkennt (AUGENFARBE DER ELTERN). Dass die Augenfarbe auch auf die Großeltern zurückgeführt werden kann, greift Anna neu auf (AUGENFARBE DER GROSSELTERN). In weiteren Aussagen zur Weitergabe einer der Augenfarben eines Angehörigen spricht sie die Großeltern jedoch nicht mehr an, was zeigt, dass diese keine wesentliche Rolle in der Vorstellung von Anna spielen (Unwesentlicher Aspekt). Im Zusammenhang der Bewertung von Antwort A ergänzt Anna ihre Vorstellung von der Merkmalsausprägung des Sohnes durch eigene Merkmalsanteile zusätzlich zu den Anteilen der Eltern (EIGENE MERKMALSANTEILE). Abweichend von der Vorstellung, dass der Sohn entweder die Augenfarbe der Mutter oder des Sohnes haben wird, spricht

sie an dieser Stelle auch von einem Mischmasch aus beiden elterlichen Merkmalen (MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN). Abweichend von diesen Äußerungen und denen der freien Beantwortung (Merkmalsmischung der Eltern) begrenzt Anna die Möglichkeit von einem „Mischmasch“ jedoch auf Ausnahmefälle, als sie diesen Aspekt in **Antwort D** erneut aufgreift (MERKMALSMISCHUNG IN AUSNAHMEFÄLLEN, Widerspruch). Diese Vorstellung wird somit zu späterem Zeitpunkt relativiert.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort B** lehnt Anna ab, weil sie eine Augenfarbe, die „dazwischen“ (zwischen den Augenfarben der Eltern) liegt, noch nie erlebt hat (~~INTERMEDIÄRE AUGENFARBE~~). Da sie dafür also keine erfahrungsbasierte Erklärung findet, distanziert sich Anna von dieser Vorstellung. Anzumerken ist, dass sie die hier beschriebene intermediäre Augenfarbe von dem Mischmasch in den **Antworten A und D** offensichtlich unterscheidet, da sie diese nicht direkt ablehnt.

Die gleichgeschlechtliche Vererbung der Augenfarbe in **Antwort C** lehnt Anna ab, obwohl sie diesen Aspekt in der freien Beantwortung kurz erwähnt hat (~~WEITERGABE GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE~~). Diese zuvor in der freien Antwort angedeutete Vorstellung hat sie nicht konsequent beibehalten. Grund der Ablehnung ist die gleichzeitige Möglichkeit, dass die Augenfarbe auch von der Mutter beeinflusst wird (AUGENFARBE DER ELTERN).

Die Möglichkeit einer ganz anderen Augenfarbe, wie Anna **Antwort D** versteht, kann sie ebenfalls nicht als sinnvoll bewerten, da dieser Aspekt ihrer Vorstellung von der Abhängigkeit der Augenfarbe von den Eltern widerspricht (AUGENFARBE DER ELTERN). Bereits im Zusammenhang mit **Antwort A** hat Anna betont, dass die Augenfarbe „irgendwo herkommen muss“ (227), an dieser Stelle begrenzt sie die Abstammung auf die Eltern, da diese das Kind gezeugt haben (AUGENFARBE DER ZEUGUNGSPARTNER). Die Zustimmung dieser Vorstellung wird dadurch konkretisiert.

### 5.8.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.51: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Augenfarbe der Eltern
+Augenfarbe der Eltern	Übereinstimmung Neuer Aspekt, <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	✓ A +Augenfarbe der Eltern +Augenfarbe der Großeltern
+Mischung elterlicher Augenfarben	Neuer Aspekt Beibehaltung	+Eigene Merkmalsanteile +Mischung elterlicher Augenfarbe
		x B -Intermediäre Augenfarbe
		x C -Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe ! Augenfarbe der Eltern
	Beibehaltung	! Augenfarbe der Eltern
	Modifizierung Beibehaltung Erweiterung	x D +Merkmalsmischung in Ausnahmefällen ! Augenfarbe der Eltern ! Augenfarbe der Zeugungspartner

Die Vorstellung in der freien Antwort findet Anna in der Antwort A wieder (Tabelle 5.51). Dabei bezieht sie sich jedoch überwiegend auf die Merkmale der Eltern und nicht auf die der Großeltern. Zwar von untergeordneter Bedeutung kommen die Merkmale der Großeltern durch die Antwort jedoch neu dazu.

## 5.8.2 Interview mit Elena

### 5.8.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.8.2.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei Elena ist die Weitergabe der Merkmale der Eltern oder weiterer Familienangehöriger wesentlich. Dabei geht sie in ihrer **freien Beantwortung** zunächst nur auf die Eltern ein und deren im Itemstamm beschriebenen Augenfarben (AUGENFARBE DER ELTERN). Durch die Antwortmöglichkeiten erweitert und modifiziert Elena ihre Vorstellung um weitere Familienangehörige, auf welche die Augenfarbe des Sohnes zurückgeführt werden kann. Zudem greift sie die Mischung von Augenfarben auf. Diese Möglichkeit macht sie allerdings abhängig von den ihr bekannten Mischungen von Augenfarben. Elena spricht in ihren Erklärungen nicht von Vererbung, sondern geht lediglich

auf gleiche Merkmale der Familienmitglieder ein (AUGENFARBE DER FAMILIE). Eine Beschreibung der „Übertragung“ (im Sinne von Vererbung), welche den Zusammenhang genauer darstellen würde, nimmt sie nicht vor.

Die für Elena plausiblen Inhalte von **Antwort A** beschreibt sie als mögliche Augenfarbe einer der Elternteile, der Großeltern oder der Familie, die dann beim Sohn auftreten. Dabei nimmt sie eine Ausdehnung auf die Familie zusätzlich zu den Inhalten der Antwort vor (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS). Unklar bleibt, welche Angehörigen sie unter dem Wort Familie zusammenfasst. Die **Antworten A und D** vergleicht Elena miteinander, weil sie die verschiedenen Augenfarben von Antwort D mit den verschiedenen Augenfarben der Familienmitglieder, die sie erweiternd in Antwort A nennt, vereinen kann. Die bei Antwort A genannte Vorstellung dehnt sie dabei auf Antwort D aus (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS). Irritierend empfindet sie in Antwort D jedoch, dass neben den verschiedenen Augenfarben zusätzlich eine spezielle genannt wird. Diese ist aus ihrer Sicht schon in den verschiedenen Augenfarben enthalten (Zustimmen von Antwortaspekten). Zuerst ist Elena sich unsicher, ob sie die Gleichsetzung der Antworten A und D vornehmen kann, findet diese letztlich aber angemessen. Insgesamt zeigt sich darin die Vorstellung von kontinuierlichen Merkmalen. Dabei sind zwar unterschiedliche Augenfarben möglich, diese müssen jedoch von einem nahen Angehörigen abstammen. Eine Zustimmung resultiert somit auch für Antwort D.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

In **Antwort B** ist für Elena wesentlich, dass die Augenfarbe von einem der Elternteile bestimmt wird. Diese Vorstellung lehnt sie ab, wobei sie die zuvor in Antwort A genannte Erweiterung durch die Großeltern bzw. andere Familienangehörige, als Grund nennt (~~OBLIGATE ELTERLICHE AUGENFARBE~~). Die in der freien Beantwortung genannten Eltern als „Geber“ der Augenfarbe des Sohnes werden dadurch in Frage gestellt und der neu hinzugekommene Aspekt in Antwort A als zutreffender bewertet (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS). Auf den Aspekt der Mischung von Merkmalen geht Elena erst auf Nachfrage ein (Unwesentlicher Aspekt). Dabei lehnt sie eine Mischung von Augenfarben verschiedener Angehöriger nicht ab, macht diese Möglichkeit jedoch davon abhängig, ob eine bestimmte Mischung von Augenfarben eine für sie bekannte Augenfarbe ergibt. Die Mischung von blau und braun lehnt sie ab, da ihrer Meinung nach daraus keine sinnvolle Farbe entstehen würde (MISCHUNG BESTIMMTER



AUGENFARBEN, Kontextabhängige Bewertung). Die eigentliche Ablehnung von Antwort B bezieht sich allerdings auf die Eingrenzung der Augenfarbe des Sohnes auf die Augenfarben der Eltern.

**Antwort C** lehnt Elena direkt ab, da sie eine ausschließlich gleichgeschlechtliche Weitergabe ausschließt (~~WEITERGABE GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE~~).

### 5.8.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.52: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
+Augenfarbe der Eltern	zentraler Aspekt	Augenfarbe eines Familienmitglieds
	Erweiterung	✓ A +Augenfarbe eines Familienmitglieds
	<u>Zustimmen von Antwortaspekten</u>	✓ D +Augenfarbe eines Familienmitglieds
	Modifizierung Erweiterung <u>Kontextabhängige Bewertung, Unwesentlicher Aspekt</u>	x B -Obligate elterliche Merkmale +Augenfarbe eines Familienmitglieds +Mischung bestimmter Augenfarben
		x C -Weitergabe gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
	antwortübergreifend	+Augenfarbe der Familie

Die freie Vorstellung der Augenfarbe der Eltern wird durch Antwort A auf die Vererbung der Augenfarbe eines Familienmitglieds ausgeweitet (Tabelle 5.52). Zusätzlich zu den Eltern können dann auch die Merkmale anderer Familienmitglieder entscheidend sein. Antwort D vergleicht sie hinsichtlich dieser Vorstellung mit Antwort A und überträgt dieses Konzept auf diese Antwort.

## 5.8.3 Interview mit Moritz

### 5.8.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.8.3.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Moritz' Vorstellungsgenerierung zeigt sich sowohl in der freien Beantwortung als auch unter Hinzukommen der Antwortmöglichkeiten, dass er von einer Kontinuität der Merkmale bei Verwandten ausgeht und Merkmale somit immer auf Vorfahren zurückzuführen sind. Die Augenfarbe des Sohnes ist dabei zu einem großen Teil vom Vater, dem gleichgeschlechtlichen Elternteil, abhängig.

In der **freien Beantwortung** betont Moritz die gleichgeschlechtliche Vererbung der Merkmale, bei welcher der Sohn mehr von dem Vater erbt (VERERBUNG GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE). Dabei beschreibt er keine ausschließliche Weitergabe der väterlichen Merkmale, diese überwiegen jedoch im Phänotyp des Sohnes (PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE). Den Zusammenhang der elterlichen Merkmale mit denen des Sohnes beschreibt Moritz als „Übernahme“ der Augenfarbe und dehnt dies in der Bewertung der Antwortmöglichkeiten um die Bezeichnung „Bekommen“ und „Vererben“ aus. Dadurch nutzt Moritz sowohl fachliche als auch lebensweltliche Wörter für den gleichen Begriff. Durch die Antwortmöglichkeiten wird die Vorstellung von Moritz um die Großeltern als „Geber“ der Augenfarbe erweitert, die er in den Antworten aufgreift. Die bereits frei genannte Vorstellung einer überwiegenden, aber nicht ausschließlichen Vererbung der väterlichen Merkmale an den Sohn wird durch die Antwortmöglichkeiten nochmal betont. Grundlegende Vorstellungen der freien Beantwortung bleiben somit bestehen. Die Aussagen der freien Antwort und der in den Antwortmöglichkeiten deuten auf ein Verständnis von Vererbung als Weitergabe von Merkmalen hin (VERERBUNG ALS WEITERGABE).

In **Antwort A** sieht Moritz in einigen Aspekten Übereinstimmungen mit **Antwort C**. Dem Erben der Augenfarbe des Vaters, kann er zustimmen (VERERBUNG GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE, Zustimmen von Antwortaspekten). Die Großeltern in Antwort A kann er mit der gleichgeschlechtlichen Vererbung vereinen, indem er die Augenfarbe des Vaters auf seine Eltern (Großvater) bezieht. Die abweichenden Anteile von Antwort A, wie das Zurückführen der Augenfarbe auf die Mutter oder die Groß-

mutter, lehnt er in dieser Antwort ab (~~ERBEN ANDERSGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE~~).

In **Antwort B** versteht Moritz die Inhalte als intermediäre Vererbung der Augenfarben der Eltern. Da die Eltern beide an der Zeugung des Sohnes beteiligt sind, kann er sich diese Antwort auch vorstellen (AUGENFARBE DER ZEUGUNGSPARTNER). Er weist jedoch darauf hin, dass die Augenfarbe des Vaters einen stärkeren Einfluss auf die Ausprägung der Augenfarbe bei dem Sohn hat, wobei die Tendenz der gleichgeschlechtlichen Vererbung hervortritt (PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE).

In **Antwort C** erkennt Moritz eine Übereinstimmung mit seiner frei geäußerten Antwort. Er stimmt dabei der Vererbung der Augenfarbe des Vaters zu, in weiteren Aussagen wird jedoch deutlich, dass er auch der Mutter einen geringen Einfluss auf die Augenfarbe des Sohnes zuschreibt (PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE). Die plausible Beteiligung beider Elternteile, die in Antwort B hervorgehoben wird, veranlasst ihn dazu, eine Mischung aus den **Antworten B und C** als zutreffende Vorstellung anzunehmen. Der Einfluss beider Elternteile mit höheren Anteilen der väterlichen Merkmale im Falle eines Sohnes ist dabei die bereits in der freien Beantwortung genannte Vorstellung, die in den Antwortmöglichkeiten beibehalten wird.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Das Auftreten verschiedener Augenfarben, wie Moritz es **Antwort D** entnimmt, erscheint ihm nicht sinnvoll, da seiner Meinung nach die Augenfarbe des Sohnes von der Augenfarbe der Eltern abhängt. Diese müsste entweder blau oder braun sein und nicht grün (AUGENFARBE DER ELTERN). Entscheidend ist somit der Aspekt „grüne Augen“, der zur Ablehnung führt. Zudem wird an dieser Stelle deutlich, dass Moritz von einer Kontinuität der Merkmale ausgeht: Die Augenfarbe des Sohnes wird von den Vorfahren übernommen. Die Großeltern bezieht er dabei nicht mehr mit ein, sondern geht lediglich auf die Eltern ein.

### 5.8.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.53: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategorische Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
+Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	<u>Zustimmen von Antwortaspekten</u>	✓ A +Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe -Erben andersgeschlechtlicher Augenfarbe
+Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	Übereinstimmung	✓ C +Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
	Erweiterung Beibehaltung	x B +Augenfarbe der Zeugungspartner !Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
		x D +Augenfarbe der Eltern
	antwortübergreifend	Vererbung als Weitergabe

Moritz' Vorstellung von einer gleichgeschlechtlichen Vererbung von Merkmalen, wobei der Vater einen höheren Merkmalsanteil weitergibt, kann er mit Antwort C vereinen (Tabelle 5.53). Diesen Ansatz kann er aber auch in Teilen in Antwort A wiederfinden, wobei er einen Vergleich vornimmt. Die Vorstellung, dass beide Elternteile für die Merkmale des Sohnes verantwortlich sind (Antwort B) und die Vererbung der Merkmale des Vaters an den Sohn (Antwort C) verknüpft er miteinander, sodass daraus die Vorstellung „Primat gleichgeschlechtlicher Anteile“ resultiert.

## 5.8.4 Interview mit Kai

### 5.8.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.8.4.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Kais Erklärungen zu den möglichen Augenfarben des Kindes tritt hervor, dass die Augenfarbe von einem der Eltern abstammen muss, wobei der Vater im Falle eines Sohnes eine wesentlichere Rolle einnimmt. Bereits in der **freien Beantwortung** nennt er die gleichgeschlechtliche Vererbung der Augenfarbe, wobei er keine ausschließliche Vererbung der Augenfarbe des Vaters beschreibt, sondern zu einem geringeren Anteil

auch die Mutter berücksichtigt (VEREBUNG GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE, PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE). In den Antwortmöglichkeiten greift Kai zudem neue Aspekte auf und ergänzt seine Vorstellung dadurch. Insgesamt ändert Kai seine frei beschriebene Vorstellung dabei nicht, sodass die Vorstellung von einer konstanten Vererbung elterlicher Merkmale mit gleichgeschlechtlichem Schwerpunkt bestehen bleibt. Entsprechungen dieser Vorstellung kann er in den Antworten wiederfinden. Den Aussagen zu entnehmen, versteht Kai die Vererbung als Weitergabe von Merkmalen (VERERBUNG ALS WEITERGABE).

Zustimmen kann Kai auch **Antwort A**, wobei er die Großeltern als zusätzlichen Aspekt zu seiner frei geäußerten Vorstellung einbezieht, weil diese die Merkmale bereits an ihre Kinder weitergegeben haben. Letztlich geht es dabei aber um die Merkmale der Eltern (AUGENFARBE DER ELTERN). Entsprechend kann er die Vorstellung von der kontinuierlichen Weitergabe der Merkmale der Eltern auch in dieser Antwort wiederfinden.

Die gleichgeschlechtliche Vererbung der Augenfarbe, die Kai bereits in der freien Beantwortung hervorgehoben hat, findet er in **Antwort C** wieder und erkennt darin eine Übereinstimmung. Wie bereits zuvor beschrieben, geht Kai auch an dieser Stelle nicht von einer ausschließlichen Vererbung der väterlichen Augenfarbe aus, geringe Anteile der Mutter kann er sich vorstellen (PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE). Offensichtlich scheint diese „Mischung“ im Vergleich zu Antwort B (Mischung nur bestimmter Augenfarben) mit seiner Vorstellung vereinbar zu sein.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

In **Antwort B** erkennt Kai die Vorstellung von einer Mischung der elterlichen Merkmale, die er allerdings ablehnt, weil er die Mischung der speziell in diesem Kontext beschriebenen Augenfarbe für unpassend hält (MISCHUNG BESTIMMTER AUGENFARBEN, Kontextabhängige Bewertung). Dabei greift er auf bekannte Augenfarben zurück, die seiner Meinung nach durch die Mischung der Farben blau und braun nicht resultieren würden.

Bei der Bewertung von **Antwort D** tritt erneut die Vorstellung von der Vererbung der elterlichen Merkmale hervor und damit eine Kontinuität von Merkmalen über Generationen. Kai lehnt die Antwort ab, weil seiner Meinung nach über die Merkmale der Eltern hinaus keine Augenfarben möglich sind (AUGENFARBE DER ELTERN). Die Weitergabe von Merkmalen dehnt Kai an dieser Stelle auf die Gene aus, die von den Eltern an

die Kinder vererbt werden und für die gleiche Augenfarbe verantwortlich sind (VERERBUNG VON GENEN). Diesen Aspekt führt Kai letztlich als Grund an, weshalb er sich keine von den Eltern abweichenden Augenfarben beim Sohn vorstellen kann.

### 5.8.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.54: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	zentraler Aspekt	Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
	Beibehaltung	✓ A +Augenfarbe der Eltern
	Übereinstimmung	✓ C +Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x B +Mischung bestimmter Augenfarben
	Erweiterung	x D +Augenfarbe der Eltern +Vererbung von Genen

Kai stellt sich in der freien Beantwortung vor, dass die Merkmale der Eltern, mit einem stärkeren Einfluss des Vaters, die Augenfarbe des Sohnes bestimmen (Tabelle 5.54). Diese Vorstellung findet er in Antwort A, bzw. Antwort C, wobei keine der Antworten eine vollständige Übereinstimmung ergeben.

## 5.8.5 Interview mit Inka

### 5.8.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.8.5.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei Inka ist die Vorstellung von einer MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN zentral. Diesen Aspekt beschreibt sie bereits in der **freien Beantwortung** und greift diesen erneut in den Antwortmöglichkeiten auf. Die Möglichkeit einer Mischung von Merkmalen wird dabei für die Bewertung der Antworten herangezogen. Weitergegeben wird dabei die DNA, wobei sich die stärkere DNA einer der Elternteile ausprägt (WEITERGABE VON DNA, MERKMALSAUSPRÄGUNG DOMINANTER DNA-ANTEILE). Neben der Beschreibung von Merkmalen der direkten Vorfahren kann der Nachkomme

auch „eigene“ DNA haben (MERKMALE DURCH EIGENE DNA). Anzunehmen ist, dass Inka damit die abweichende Optik meint.

Trotz hinzukommender Vorstellungen durch die Antwortmöglichkeiten bleibt die Zentralität der Merkmalsmischung bestehen. Ein neu hinzukommender Aspekt ist die Erweiterung der Verwandten, die an der Merkmalsausprägung des Sohnes beteiligt sind, um die Großeltern. Dadurch hält Inka dann auch für möglich, dass der Sohn eine andere Augenfarbe als braun oder blau haben könnte, weil die Abweichung dann auf die Großeltern zurückzuführen ist. Entsprechend findet hinsichtlich möglicher Varianten an Augenfarben des Sohnes dadurch eine Modifizierung der Vorstellung statt. Die „eigene DNA“, die Inka als Grund abweichender Merkmale des Nachkommen von den Eltern in der freien Beantwortung beschreibt, wird dann nicht mehr erwähnt. Möglicherweise kann Inka durch den hinzukommenden Aspekt „Großeltern“ die Erklärung abweichender Ausprägungen von den Eltern alternativ durch Merkmale der Großeltern erklären.

**Antwort B** vergleicht Inka mit ihrer freien Antwort. Sie entnimmt den Inhalten, dass eine exakte Mischung der Merkmale gemeint ist und vergleicht damit ihre selbst beschriebene Mischung von Merkmalen, die keine exakte Mischung sein muss. Parallelen beruhen dabei lediglich auf der Vorstellung einer Mischung. Neben der Mischung von Merkmalen kann sie sich auch die Weitergabe nur einer Augenfarbe vorstellen (MISCHUNG VON AUGENFARBEN, WEITERGABE EINER AUGENFARBE). Darin zeigt sich ein Widerspruch zur Ablehnung der Antwort A, in welcher sie die Weitergabe lediglich einer Augenfarbe kritisiert. Die unterschiedlichen Möglichkeiten erklärt sie mit einer stärkeren oder schwächeren DNA, auf Grund dessen dann eine Augenfarbe dominiert oder Mischungen entstehen können, wenn die DNA beider Elternteile nicht wesentlich dominant sind (MERKMALSAUSPRÄGUNG DOMINANTER DNA-ANTEILE). Dabei hebt sich der Widerspruch auf. Diesen Aspekt spricht Inka bereits in der freien Beantwortung an und nutzt ihn hier erneut zur Begründung. Mit den zentralen Aussagen im Zusammenhang mit Antwort B entfernt sie sich von den eigentlichen Inhalten der Antwortoption, dennoch wird deutlich, dass die exakte Mischung (Inhalt von Antwort B) eine Möglichkeit von mehreren ist, die Inka sich vorstellen kann.

Mit den verschiedenen Augenfarben in **Antwort D** verbindet Inka Augenfarben, die von denen der Eltern abweichen können. Diese abweichenden Merkmale führt sie wiederum auf einen weiter entfernten Verwandten zurück, wie den Großvater (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS). Die Abweichung tritt jedoch erst ein, wenn die Augen-

farben der Eltern ungeeignet sind (PRIMAT GEEIGNETER AUGENFARBEN). Ungeeignete Augenfarben beschreibt sie als „schlecht“ (269-270). Was das genau bedeutet, erklärt sie nicht. Somit ist das Auftreten der Augenfarben der Eltern in Inkas Vorstellung wahrscheinlicher. Insgesamt wird die Vorstellung einer Kontinuität von Merkmalen deutlich, bei welcher abweichende Merkmale nicht neu entstehen, sondern auf einen Vorfahren zurückzuführen sind. Dabei ergänzt sie ihre Vorstellung um neue Aspekte.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Auf Grund der Merkmalsmischung, die Inka plausibel erscheint, lehnt sie **Antwort A** ab, da sie darin die Vorstellung der Weitergabe genau einer der Augenfarben der Eltern oder Großeltern erkennt (MISCHUNG VON AUGENFARBEN).

Die gleichgeschlechtliche Weitergabe von Merkmalen in **Antwort C** lehnt Inka ab, da ihr Bruder mehr Ähnlichkeit mit der Mutter als mit dem Vater hat (~~WEITERGABE GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE~~). Die Ablehnung basiert dabei auf der für sie vergleichbaren Alltagserfahrung. Im Kontext von Antwort B hat sie jedoch bereits Aussagen gemacht, die auf die Vorstellung von dem stärkeren Einfluss gleichgeschlechtlicher Anteile für einige Merkmale hindeuten. Die Aspekte „stärkere“ und „schwächere“ DNA aufgreifend erklärt sie, dass beispielsweise der Körperbau des Vaters auf Grund der dominanten Eigenschaft (z.B. mehr Muskeln im Vergleich zu der Mutter) mehr Einfluss auf die Ausprägung beim Sohn nimmt. Dieser Vergleich bezieht sich jedoch auf dimorphe Merkmale und wird an dieser Stelle auf nicht dimorphe Merkmale (Augenfarbe) übertragen. Da diese Vorstellung für Inka nur eingeschränkt zutrifft, wird sie nicht als Konzept aufgeführt.

Das Wort Vererbung nutzt Inka in ihren Aussagen nicht durchgängig, sie spricht lediglich von gleichen Merkmalen bei dem Sohn und den Familienangehörigen (AUGENFARBE DER FAMILIE). Entsprechend beschreibt sie keinen Übertragungsvorgang der Merkmale von Verwandten.



### 5.8.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.55: Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Mischung elterlicher Augenfarben
Mischung elterlicher Augenfarben	Beibehaltung	✓ B +Mischung von Augenfarben
	Neuer Aspekt	+Weitergabe einer Augenfarbe
Weitergabe von DNA	Beibehaltung	+Merkmalsausprägung dominanter DNA-Anteile
Merkmale durch eigene DNA	Neue Aspekte	✓ D +Augenfarbe eines Familienmitglieds +Primat geeigneter Augenfarbe
Merkmalsausprägung dominanter DNA-Anteile	Beibehaltung	x A +Mischung von Augenfarben
		x C -Weitergabe gleichgeschlechtlicher Augenfarbe
	antwortübergreifend	Augenfarben der Familie

Inka äußert in ihrer freien Beantwortung die Vorstellungen von einer Mischung elterlicher Merkmale und die Merkmalsweitergabe zu ungleichen Anteilen, abhängig von der Dominanz der DNA-Anteile der Eltern (Tabelle 5.55). Die freien Vorstellungen kann sie aus ihrer Sicht mit Antwort A verbinden. Dabei kommen, wie auch durch die Zustimmung zu Antwort D neue Aspekte hinzu.

### 5.8.5.4 Vergleich der Konzepte zur Augenfarben-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.56: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Augenfarben-Aufgabe (Rekombination).

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>A</b>	+Augenfarbe der Eltern +Augenfarbe der Großeltern +Mischung elterlicher Augenfarben +Eigene Merkmalsanteile	+Augenfarbe eines Familienmitglieds	+Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe -Erben andersgeschlechtlicher Augenfarbe	+Augenfarbe der Eltern	+Mischung von Augenfarben
<b>B</b>	-Intermediäre Augenfarbe	!Mischung bestimmter Augenfarben -obligate elterliche Merkmale +Augenfarbe eines Familienmitglieds	+Vererbung der Augenfarbe der Zeugungspartner +Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	+Mischung bestimmter Augenfarben	+Mischung von Augenfarben +Weitergabe einer Augenfarbe +Merkmalsausprägung dominanter DNA-Anteile
<b>C</b>	-Weitergabe gleichgeschlechtlicher Augenfarbe  ! Augenfarbe der Eltern	- Weitergabe gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	+Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	+Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe	-Weitergabe gleichgeschlechtlicher Augenfarbe

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>D</b>	! Augenfarbe der Eltern ! Augenfarbe der Zeugungspartner  +Merkmalsmischung in Ausnahmefällen	+Augenfarbe eines Familiemitglieds	!Augenfarbe der Eltern	!Augenfarbe der Eltern  +Vererbung von Genen	+Augenfarbe eines Familiemitglieds  +Primat geeigneter Augen- farbe

### 5.8.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

In der offenen Antwort nennen die Schüler entweder die Augenfarbe der Eltern oder genauer eine Mischung der elterlichen Augenfarben (drei Fälle). Zwei Probanden gehen darauf ein, dass der Nachkomme mehr Merkmalsanteile vom gleichgeschlechtlichen Elternteil haben wird. In den Antworten halten vier der Teilnehmer ihre Vorstellungen bei, drei erkennen eine Übereinstimmung mit einer der Antworten. Vier Teilnehmer erweitern ihre Vorstellungen zudem, in zwei Fällen kommen auch neue Aspekte hinzu. In zwei Fällen werden Vorstellungen auch modifiziert.

Konzepte: AUGENFARBE DER ELTERN, MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN, PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE

#### Antwort A

##### **Mischung von Merkmale in Antwort A** (Anna, Inka)

Dass der Sohn genau eine der Augenfarben (Eltern oder Großeltern) in Antwort A hat, wird von den Interviewpartner in einigen Fällen flexibel genutzt. So bringen Anna und Inka in Antwort A auch die Vorstellung von einer Merkmalsmischung zum Ausdruck.

Konzepte: MISCHUNG VON AUGENFARBEN; MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN

#### Antwort C

##### **Primat gleichgeschlechtlicher Anteile** (Kai Moritz)

In Antwort C wird nicht von einer ausschließlichen Übereinstimmung der Augenfarbe des Sohnes mit dem Vater gesprochen, sondern lediglich von einem höheren Anteil, der vom Vater ausgeht. Merkmalsanteile in geringerem Maße stammen dabei von der Mutter. Diese Vorstellung ist nicht als Antwortoption vorhanden, wird aber von den Probanden neu generiert. Die Nachkommen erben oder bekommen eine Mischung der Merkmale von den Eltern, wobei die Kinder vom gleichgeschlechtlichen Elternteil mehr erben. Dieses Konzept tritt in der freien Beantwortung und überwiegend im Zu-

sammenhang der Antwort C auf, wird aber auch zur Bewertung der Antwort B herangezogen. Parallelen zu dieser Vorstellung zeigen sich in dem Konzept „Augenfarbe der Eltern“ oder „Merkmalsmischung“. Probanden, die diese Vorstellungen vertreten, gehen meist nicht von einer exakten Mischung oder nur einer der Augenfarben aus, sondern von einer Mischung mit ungleichen Anteilen. Eine strikte Weitergabe oder Vererbung von Merkmalen von ausschließlich einem Elternteil wird insgesamt eher abgelehnt. Dass in Antwort C nur die Augenfarbe des Vaters vererbt wird und nicht nur ein höherer Anteil wird nicht als Hindernis zur Übereinstimmung oder Vereinbarkeit mit der Vorstellung „Primat gleichgeschlechtlicher Anteile“ gesehen bzw. nicht bemerkt.

Erklärungsmuster: *Primat gleichgeschlechtlicher Merkmalsanteile*

Konzepte: PRIMAT GLEICHGESCHLECHTLICHER AUGENFARBE

### Antwort D

#### **Verständnis von Antwort D** (Elena, Inka)

Die verschiedenen Augenfarben in Antwort D ermöglichen den Probanden die Vereinbarkeit mit der Vorstellung von der Augenfarbe eines Familienmitglieds, bei welcher eine Kontinuität von Merkmalen vorausgesetzt wird, die über die Eltern und Großeltern hinaus auch noch andere Familienmitglieder einbezieht, bzw. weiter zurückliegende Vorfahren. Zwar werden dabei auch Merkmale berücksichtigt, die Generationen überspringen und bei Großeltern oder Großtanten (z.B.) sichtbar waren, nicht aber bei den Eltern (im Sinne einer verdeckten Vererbung). Die Möglichkeit neuer Merkmalsvarianten (durch Mutationen) wird dabei aber nicht angesprochen.

Erklärungsmuster: *Merkmale eines Familienmitglieds*

Konzepte: AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS

#### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Jens (245-246)** Das mit den grünen Augen [in Antwort D] könnte vielleicht sein, weil das dann auch wieder von irgendwelchen ganz weit vorliegenden Generationen kommt. (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS)

**Lars (437-442, 446-451):** *Die Antwort D habe ich genommen, weil es verschiedene Augenfarben sein könnten und diese über mehrere Generationen abgespeichert sein können und dann auf einmal in das Kind reinfließen [...]. Wenn die Großeltern grüne [Augen] hatten oder die Schwester von der Großmutter. Das ist alles verzweigt miteinander. Aber das ist schon abhängig davon, was die Vorfahren hatten.* (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS)

## Antwortübergreifende Gemeinsamkeiten

### **Kontinuierliche Weitergabe von Merkmalen** (alle Probanden)

Die Probanden gehen davon aus, dass die Augenfarbe der Nachkommen mit den Merkmalen der Vorfahren zusammenhängen muss (Eltern, Großeltern, Familie). Darin zeigt sich die Vorstellung von einer Konstanz der Merkmale über Generationen. Abweichende Merkmale werden daher ausgeschlossen, bzw. auf Mischungen oder weiter entfernte Vorfahren zurückgeführt. Die Vorstellung von der Konstanz kann sich dabei im Zusammenhang verschiedener Antwortoptionen zeigen. So kann die Ablehnung verschiedener Augenfarben in Antwort D durch diese Vorstellung begründet werden, oder die Zustimmung zu Antwort A, bei welcher die Merkmale auf die Eltern oder Großeltern zurückgehen.

Erklärungsmuster: *Konstanz von Merkmalen*

Konzepte: AUGENFARBE DER ELTERN, MISCHUNG ELTERLICHER AUGENFARBEN, AUGENFARBE DER GROSSELTERN, AUGENFARBE DER FAMILIE, AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Lena (238-242):** (Zur Ablehnung der Antwort D) Ich glaube nicht, dass das der Fall ist, weil man ein bisschen von den Eltern erbt. Und wenn man die Augen erbt, kann es nicht sein, dass die Eltern blaue und braune Augen haben und er grüne. (AUGENFARBE DER ELTERN)

**Lars (437-442, 446-451):** *Genau diese Antwort habe ich genommen*, weil es verschiedene Augenfarben sein könnten und diese über mehrere Generationen abgespeichert sein können und dann auf einmal in das Kind reinfließen [...]. Wenn die Großeltern grüne [Augen] hatten oder die Schwester von der Großmutter. Das ist alles verzweigt miteinander. *Aber das ist schon abhängig davon, was die Vorfahren hatten.* (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS)

**Max (244-45):** *D schließe ich aus, weil ich denke*, dass er die Augenfarbe eines Elternteils haben muss. (AUGENFARBE DER ELTERN)

**Nina (288-291):** *Antwort D habe ich nicht genommen, weil ich denke*, es sind wirklich Gene, die aus der Familie von den Vorfahren kommen und nicht irgendwelche. (GENE EINES FAMILIENMITGLIEDS)

**Jens (245-246)** Das mit den grünen Augen könnte vielleicht sein, weil das dann auch wieder von irgendwelchen ganz weit vorliegenden Generationen kommt. (AUGENFARBE EINES FAMILIENMITGLIEDS)

### **Phänotypische und genotypische Ebene** (Kai, Inka)

Überwiegend wird die Gemeinsamkeit der Merkmale von Eltern und Nachkommen auf phänotypischer Ebene beschrieben. Lediglich Kai geht auf die genotypische Ebene ein,

indem er die Vererbung von Genen anspricht, äußert dabei dennoch fachlich unangemessene Vorstellungen.

Erklärungsmuster: *Genotyp entspricht Phänotyp*

Konzepte: VERERBUNG VON GENEN, z.B. AUGENFARBE DER ELTERN, WEITERGABE VON DNA

### Wortverständnis

#### **Vererbung als Weitergabe (Anna, Moritz, Kai)**

Das Wort Vererbung wird nicht fachlich angemessen gebraucht, sondern im Sinne einer Weitergabe von phänotypisch sichtbaren Merkmalen verwendet, die von den Eltern oder Großeltern an die Nachkommen weitergegeben werden. Statt der Weitergabe oder Vererbung kann auch vom „Bekommen“ der Merkmale die Rede sein. Anzumerken ist, dass das Wort Vererbung innerhalb des Aufgabentextes nicht verwendet wird und die Probanden nicht selbst von Vererbung sprechen.

Konzepte: VERERBUNG ALS WEITERGABE

#### **5.8.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Augenfarben-Aufgabe**

Die Wiedergabe des Itemstamms weist Ähnlichkeiten und Unterschiede bei allen Probanden auf. Während die meisten Probanden (Anna, Elena, Moritz) die braunen und blauen Augen der Eltern erwähnen, lassen Kai und Inka diesen Aspekt aus. In der Beantwortung dieser beiden Schüler wird dann aber der enge Bezug zu den Eltern deutlich, die in beiden Fällen als ausschlaggebend für die Augenfarbe des Sohnes angenommen werden. Die Aufgabenstellung wird von allen Probanden als Frage nach der Augenfarbe des Kindes aufgefasst, bis auf Elena, die davon ausgeht, dass es darum geht, ob der Sohn die blauen Augen des Vaters oder die braunen Augen der Mutter haben wird. Das lässt vermuten, dass Elena sich dadurch in ihrer Beantwortung auf die Augenfarben der Eltern begrenzt. Durch die Antwortoptionen wird diese Vorstellung dann jedoch um die Familienmitglieder erweitert, wodurch sich die Festlegung auf die Eltern auflöst.

## 5.9 Enten-Aufgabe

Folgende Aufgabe wurde zur Diagnose der Schülervorstellungen zur Anpassung von Merkmalen in den Interviews überprüft.

**Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute mit denen sie schnell schwimmen können. Ihre Vorfahren sind Landvögel, die keine Schwimmhäute hatten. Wie lässt sich die Entstehung der Schwimmhäute in der Entwicklung vom Land- zum Wasservogel erklären?**

- a. Die Füße der Vorfahren haben sich automatisch mit der Zeit an die Fortbewegung im Wasser angepasst, da sie sich dort viel aufhielten.
- b. Die Schwimmhäute entstanden durch zufällige genetische Veränderungen. Vorfahren der Enten mit dieser Veränderung haben sich besser vermehrt.
- c. Die Vorfahren der Enten haben gemerkt, dass sie nicht gut schwimmen konnten, weshalb sie Schwimmhäute entwickelt haben.
- d. Die Natur hat die Vorfahren der Enten an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit diese sich besser bewegen konnten.

### 5.9.1 Interview mit Anna

#### 5.9.1.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.9.1.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Annas Erklärungen der Entstehung der Schwimmhäute tritt vor allem die finale Vorstellung in den Vordergrund. Die Enten brauchen die Schwimmhäute (Anpassung aus Notwendigkeit) und deshalb entstehen sie.

Teile in den Antwortmöglichkeiten werden abgelehnt, die mit der Vorstellung von der ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT (brauchen), wie bereits in der **freien Beantwortung** genannt, nicht vereinbar sind. Im Zuge der Bewertung der Antworten wird diese Vorstellung um weitere Facetten erweitert. Bereits in der freien Beantwortung be-



schreibt Anna die Natur als Akteur der Veränderung (NATUR ALS AKTEUR). Parallel setzt sie die Natur mit den Enten gleich, die sich verändern (NATUR ENTSPRICHT ADAPTIERENDEM LEBEWESEN).

Im Zusammenhang der Antworten stellt sie jedoch klarer heraus, dass die Enten sich nicht selbst anpassen können, sondern die Natur (als unabhängige Instanz) die Rolle des Akteurs übernimmt. Zwar steht die Anpassung aus Notwendigkeit als zentrales sich immer wiederholendes Konzept im Vordergrund, die Natur wird in der Beschreibung des zielgerichteten Anpassungsprozesses im Verlauf der Auseinandersetzung mit den Antworten aber immer wieder herangezogen.

In **Antwort A** ist für Anna die Anpassung aus Notwendigkeit zentraler Grund der Entstehung der Schwimmhäute (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Dabei spricht sie der Natur die Erkenntnis der notwendigen Veränderung zu, auf Grund dessen dann die Veränderung stattfindet (ERKENNTNIS DER NATUR). Dadurch bringt Anna einen erweiternden Aspekt hinsichtlich der Funktion der Natur ein, die sie bereits in der freien Antwort erwähnt hat. Dieser Aspekt wird jedoch nicht auf konkrete Inhalte von Antwort A bezogen. Gleichzeitig sind sich nach Annas Aussagen aber auch die Enten ihrer Situation bewusst (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS). Dabei ist anzumerken, dass die Natur und die Individuen als Akteure in ihren Aussagen abwechselnd angesprochen werden, vergleichbar mit der Gleichsetzung in der freien Beantwortung. Zu vermuten ist, dass Anna diese beiden Akteure auch hier gleichstellt. Der Anpassungsprozess passiert dabei graduell über Generationen (GRADUELLE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN). Auf die automatische Anpassung (Antwortinhalt) geht sie erst auf Nachfrage ein. Diesen beschreibt sie als Anpassung, die durch die Erkenntnis der Natur „einfach so“ eintritt (Unwesentlicher Aspekt).

In **Antwort C** ist Anna zunächst die Anpassungs-Erkenntnis der Enten und die folgende Veränderung suspekt, im Laufe der Auseinandersetzung mit der Antwortoption kann sie sich das aber vorstellen, die Unsicherheit damit bleibt jedoch (Unsicherheit mit den Antwortinhalten, ANPASSUNGS-ERKENNTNIS). Der Wandel passiert durch die Verknüpfung mit Antwort A, in welcher sie vergleichbar die Bewusstheit der Enten über ihre Situation beschreibt. Die Veränderung bewirken ihrer Vorstellung nach dann aber nicht die Enten selbst, sondern die Natur (NATUR ALS AKTEUR). Die Vorstellungsaspekte im Zusammenhang mit Antwort C sind dabei vergleichbar mit den frei genannten

Vorstellungen (Natur als Akteur). Die anthropomorphe Perspektive wird an dieser Stelle bewusst durchdacht, wodurch Zweifel und Unsicherheiten auftreten.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

**Antwort B** lehnt Anna aus mehreren Gründen ab. Zunächst hat sie Schwierigkeiten mit dem Wort „genetisch“, das sie bereits in der Buchfinken-Aufgabe (Kap. 5.7.1) nicht beschreiben konnte. Zudem kritisiert sie die Zufälligkeit der genetischen Veränderung, die im Widerspruch mit der zielgerichteten Anpassung durch „brauchen“ steht (~~ZUFÄLLIGE GENETISCHE VERÄNDERUNGEN, ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT~~). Damit steht die Zufälligkeit im Vordergrund und weniger die konkrete Veränderung auf genetischer Ebene. Des Weiteren steht Anna einer besseren Vermehrung durch Schwimmhäute ablehnend gegenüber (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHWIMM-HÄUTE~~). Dabei bezieht sie die Schwimmhäute direkt auf die Vermehrung in dem sie sagt, dass diese nicht bei der Vermehrung helfen würden (151-152).

In der Bewertung von **Antwort D** ignoriert Anna den Aspekt der Natur als Akteur der dort beschriebenen Veränderung (Ignorieren von Antwortaspekten). Grund der Ablehnung von Antwort D ist die für sie unpassende Formulierung „Anpassung der Vorfahren an die Lebensweise im Wasser“ (kontextabhängige Bewertung). Da die Vorfahren auf Grund der Lebensweise an Land nicht an die Bedingungen im Wasser angepasst sein müssen (keine Anpassungs-Notwendigkeit), erscheint ihr Antwort D unsinnig (~~ANPASSUNG DER VORFAHREN AUS NOTWENDIGKEIT~~).

### 5.9.1.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.57: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Anna und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	Zentraler Aspekt	Anpassung aus Notwendigkeit
Anpassung aus Notwendigkeit	Beibehaltung	✓ A +Anpassung aus Notwendigkeit +Erkenntnis der Natur +Anpassungs-Erkenntnis +Graduelle Anpassung über Generationen
Natur als Akteur	Erweiterung Neuer Aspekt Neuer Aspekt, Unwesentlicher Aspekt	
Natur entspricht adaptierendem Lebewesen	Unsicherheit	✓ C +Anpassungs-Erkenntnis +Natur als Akteur
	Beibehaltung	
		x B -Zufällige genetische Veränderungen ! Anpassung aus Notwendigkeit -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x D -Anpassung der Vorfahren aus Notwendigkeit

Anna stellt in ihrer freien Antwort bereits die Anpassung aus Notwendigkeit heraus und nennt auch die Natur als Akteur der Veränderung (Tabelle 5.57). Beide Aspekte behält sie in der Antwortbewertung bei und nimmt die Anpassungs-Erkenntnis als neuen Vorstellungaspekt mit hinzu. In den Antworten A und C sieht sie vergleichend die Anpassungs-Erkenntnis und die Aktivität der Natur.

## 5.9.2 Interview mit Elena

### 5.9.2.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.9.2.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Bei Elena ist die gezielte Entstehung der Schwimmhäute zentral, wobei sie Entwicklung und Veränderung von Merkmalen als einen natürlich immer wieder auftretenden Prozess versteht. In ihren Aussagen nimmt Elena gerne Bezug zum Menschen und zieht vergleichbare Beispiele als Begründungen heran.

In der **freien Beantwortung** spricht sie von einer steten Entwicklung, die sowohl bei Vögeln als auch beim Menschen von Jahr zu Jahr passiert. Dabei stellt Elena die Asso-

ziation mit der Individualentwicklung her. Im Falle der Schwimmhäute vermutet sie jedoch eine Anpassungs-Notwendigkeit an die Lebensweise im Wasser, wodurch diese Merkmale zielgerichtet entstehen (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Die Veränderung passiert dabei graduell (GRADUELLE ANPASSUNG). Gründe der Entstehung von Schwimmhäuten können nach Elena auch die Verpaarung von Land- und Wasservogel sein (INTERSPEZIFISCHE VERPAARUNG), oder das häufige Aufhalten im Wasser, das zu aufgeweichten Füßen führt (VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS). Durch die Antwortmöglichkeiten kommen neue Vorstellungsaspekte hinzu, gleichbleibend ist aber die Zielgerichtetheit der Entstehung der Schwimmhäute. Während die Verpaarung von Land- und Wasservogel nicht erneut angesprochen wird, zeigen sich Parallelen in der Veränderung durch einen häufigen Umwelteinfluss (frei) zu dem beschriebenen häufigen Gebrauch in Antwort A.

Zustimmen kann Elena **Antwort A**, in welcher die Schwimmhäute automatisch entstehen (AUTOMATISCHE ANPASSUNG). Diese Entwicklung passiert dabei graduell und durch häufiges Bewegen der Füße im Wasser (GRADUELLE VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN GEBRAUCH). Die automatische Anpassung wird dabei durch den häufigen Gebrauch begründet, „automatisch“ wird somit nicht als „von alleine“ verstanden, sondern eine Veränderung, die sich mit der Zeit vollzieht. Dadurch greift Elena in dieser Antwort neue Aspekte auf.

In **Antwort D** interpretiert sie die Inhalte der Antwort als Anpassung der Enten an die Natur, womit sie die Umwelt der Enten meint. Gleichzeitig beschreibt sie dabei eine zielgerichtete Anpassung, die auch in anderen Aussagen mehrfach deutlich wird (GEZIELTE ANPASSUNG AN DIE NATUR). Dieser Vorstellung kann sie zustimmen. Auf Nachfrage geht sie auf die Natur als Akteur der Veränderung ein. Sie ist sich sicher, dass die Natur die Veränderungen in der Umwelt bewirkt, kann aber nicht genauer erklären wie sie das macht (NATUR ALS AKTEUR, Unwesentlicher Aspekt). Letztlich steht dieser Aspekt für Elena jedoch nicht im Vordergrund, sondern die Anpassung an die Natur. Diese Vorstellung entwickelt sie vor dem Hintergrund der Antwortinhalte neu.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

In **Antwort B** bemängelt Elena den Aspekt der Zufälligkeit. „Zufällig“ wird dabei als „von heute auf morgen“ (297) beschrieben. Dabei entscheiden sich die Individuen für die direkte Veränderung (DIREKTE VERÄNDERUNG DURCH ERKENNTNIS). Stattdes-

sen geht sie von einer graduellen Veränderung aus, die über einen gewissen Zeitraum stattfindet (GRADUELLE VERÄNDERUNG ÜBER DIE ZEIT). Die Ablehnung bezieht sich primär auf die schnelle und spontane Veränderung und weniger auf die Fähigkeit der Enten, die Situation bewusst wahrzunehmen. Der Aspekt der genetischen Veränderung wird zwar erwähnt, nimmt aber keine zentrale Rolle ein. Den Begriff „genetische Veränderung“ kann Elena lediglich mit veränderten Merkmalen gleichsetzen, eine genauere Erklärung dazu kann sie nicht geben (GENETISCHE VERÄNDERUNG ALS KÖRPERLICHE VERÄNDERUNG).

In **Antwort C** sind für Elena zwei Aspekte wesentlich. Zum einen greift sie die Anpassungs-Erkenntnis der Enten auf, zum anderen geht sie davon aus, dass die Enten die Veränderung selbst vornehmen. Zustimmung kann sie der Vorstellung, dass sich die Enten über ihren Zustand bewusst sind (**ANPASSUNGS-ERKENNTNIS**, Zustimmen von Antwortaspekten). Die selbstständige Anpassung der Individuen beschreibt sie zunächst ohne Einwände und stellt dabei einen Bezug zur menschlichen Alltagswelt her. Analog zur Entstehung der Schwimmhäute nennt sie den Kauf neuer Sportschuhe, wenn man in den alten nicht mehr laufen kann. Die Funktion der Enten als Akteure der Veränderung erscheint ihr letztlich jedoch abwegig, weshalb sie diesen Aspekt ablehnt (~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~). Die Anpassungs-Erkenntnis der Enten bewertet sie trotz der Meinungsänderung als zutreffend.

### 5.9.2.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.58: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Elena und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Anpassung aus Notwendigkeit	Neue Aspekte Beibehaltung	✓ A +Automatische Anpassung +Graduelle Veränderung durch häufigen Gebrauch
Interspezifische Verpaarung	Neuer Aspekt <u>Unwesentlicher Aspekt</u>	✓ D +Gezielte Anpassung an die Natur +Natur als Akteur
Graduelle Anpassung		x B -Direkte Veränderung durch Erkenntnis ! Graduelle Veränderung über die Zeit +Veränderung durch Erkenntnis
Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss	<u>Zustimmen von Antwortaspekten</u>	x C +Anpassungs-Erkenntnis -Individuen als Akteure

In ihrer freien Antwort nennt Elena verschiedene Aspekte, die alternative Erklärungen darstellen können (Tabelle 5.58). Von denen behält sie die graduelle und gezielte Anpassung in den Antworten A und D bei. Sie nennt keine Übereinstimmungen, in den ausgewählten Antworten kommen aber neue plausible Aspekte hinzu.

### 5.9.3 Interview mit Moritz

#### 5.9.3.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

#### 5.9.3.2 Explikation

##### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

Moritz setzt die Entstehung der Schwimmhäute mit Nahrung in Verbindung. Nahrungsangebote können dabei den Wechsel vom Land ins Wasser verursachen, oder die Ernährungsweise ruft die Schwimmhäute hervor. Ein weiterer Punkt ist der ständige Einfluss der veränderten Umgebung auf die Füße (Veränderung durch dauerhaften Umwelteinfluss), der die Veränderung bewirkt. Übergreifend zeigt sich bei Moritz die Vorstellung von einer gezielten und absichtsvollen Veränderung und vom Einfluss des häufigen Aufhaltens im Wasser auf die Entstehung der Schwimmhäute.

In der **freien Beantwortung** führt Moritz die Entstehung der Schwimmhäute auf das Zusammenwachsen der aufgeweichten Haut zwischen den Zehen zurück, das wiederum durch erhöhte Nahrungsaufnahme entstanden sein soll (MERKMALSENTSTEHUNG DURCH NAHRUNGSANSTIEG). Ein weiterer Ansatz, den er einbringt, ist das Aufweichen der Haut durch den häufigen Einfluss des Wassers, woraufhin die Haut dann zusammenwächst (VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS). In den Antwortmöglichkeiten kann Moritz seine frei geäußerten Aussagen wiederfinden. Zusätzlich erweitert Moritz im Laufe der Auseinandersetzung mit den Antworten seine Vorstellungen und findet weitere Aspekte die er plausibel findet. Dabei kommt die Zielgerichtetheit dazu und wird an mehreren Stellen zur Erklärung herangezogen.

In **Antwort A** kann Moritz eine Übereinstimmung mit seiner freien Antwort finden. Die „automatische“ Veränderung vergleicht er damit, in dem er die Nahrung und das häufige Aufhalten im Wasser anspricht (VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS, MERKMALSENTSTEHUNG DURCH NAHRUNGSANSTIEG). Der Aspekt „automatisch“ ist dabei für Moritz nicht zentral, da er diesen in seiner Begründung immer nur auf Nachfrage einbringt (Unwesentlicher Aspekt). Möglicherweise setzt er die

genannten wesentlichen Gründe aber auch mit diesem Aspekt gleich und geht davon aus, dass beispielsweise der häufige Umwelteinfluss zu einer „automatischen“ Veränderung führt.

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die Zufälligkeit der Veränderung in **Antwort B** lehnt Moritz ab, da die Enten häufig der neuen Umgebung ausgesetzt sind, wodurch die Entstehung seiner Meinung nach induziert wird (~~ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNGEN~~, VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS). Dass Schwimmhäute zu einer besseren Vermehrung führen, lehnt Moritz zusätzlich ab (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHWIMMHÄUTE~~). Dabei bezieht er die Fortpflanzungsvorteile direkt auf das Vorhandensein von Schwimmhäuten und kann darin keinen sinnvollen Zusammenhang finden.

Eine genetische Veränderung könnte nach Moritz' Vorstellung in diesem Kontext eine Verhaltensänderung sein (~~VERHALTENSÄNDERUNG BEI GENETISCHER VERÄNDERUNG~~). Dabei halten sich die Enten vermehrt im Wasser auf. Die konkrete Entstehung der Schwimmhäute spricht er dabei nicht an. Als Auslöser für den Wechsel ins Wasser kommt für ihn eine Nahrungsknappheit an Land in Frage, wodurch er erneut die Nahrung als Faktor einbringt (vgl. freie Antwort). Die Veränderung erfolgt zielgerichtet, die genetische Komponente scheint dabei aber zweitrangig zu sein (Unwesentlicher Aspekt, ZIELGERICHTETE ANPASSUNG).

In **Antwort C** erkennen nach Moritz die Enten ihre Situation (~~ANPASSUNGS-ERKENNTNIS~~) und passen sich dann mit dem Ziel einer besseren Fortbewegung im Wasser an. Er lehnt diese Antwort ab, weil er von einer Anpassung über einen längeren Zeitraum ausgeht, vermutet aber in dieser Antwort eine sofortige Veränderung durch die Erkenntnis der Enten (~~DIREKTE VERÄNDERUNG DURCH ERKENNTNIS~~). Dabei lehnt er zunächst die Enten als Akteure ab, über einen längeren Zeitraum kann er sich allerdings vorstellen, dass die Enten eine Anpassung bewirken (~~ANPASSUNG BRAUCHT ZEIT, INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~). Der Zeitfaktor ist somit für Moritz entscheidend. Das allgemeine Vorhandensein von Schwimmhäuten bei allen Enten führt er auch auf einen langen Entstehungszeitraum zurück, kombiniert mit dem häufigen Aufhalten im Wasser, wodurch schließlich alle Enten diese Merkmale vorweisen (~~VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS~~).

In **Antwort D** versteht Moritz die Natur als Akteur als wesentlichen Aspekt der Antwort. Dass die Natur diese Funktion übernimmt, kann er sich vorstellen und spricht ihr

zusätzlich die Bewusstheit und Entscheidungsfähigkeit für sinnvolle Veränderungen zu (NATUR ALS AKTEUR, ERKENNTNIS DER NATUR). Moritz lehnt die Antwort jedoch ab, weil die Natur seiner Meinung nach den Enten, bzw. Landvögeln, „von Anfang an“ (136-137) Schwimmhäute hätte geben können (Kontextabhängige Bewertung). Offensichtlich fehlt für Moritz in dieser Aufgabe ein bestimmter Auslöser, der die Entstehung ab einem bestimmten Zeitpunkt rechtfertigen würde. Gleichzeitig wird erneut die Vorstellung von einer absichtsvollen Entstehung von Merkmalen deutlich. Im Laufe seiner Erklärungen bringt Moritz selbst einen Auslöser ein, in dem er einen Nahrungsmangel im ursprünglichen Lebensraum vermutet, auf Grund dessen der Wechsel ins Wasser stattgefunden haben soll (NAHRUNGSMANGEL ALS AUSLÖSER).

### 5.9.3.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.59: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Moritz und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
	zentraler Aspekt	Zielgerichtete Anpassung Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss
Merkmalsentstehung durch Nahrungsanstieg  Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss	Übereinstimmungen	✓ A +Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss +Merkmalsentstehung durch Nahrungsanstieg
		x B -Zufällige Veränderungen ! Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute
		x C -Direkte Veränderung durch Erkenntnis +Individuen als Akteure ! Anpassung braucht Zeit +Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss
	<u>Kontextabhängige Bewertung</u>	x D +Natur als Akteur +Erkenntnis der Natur +Nahrungsmangel als Auslöser

Die Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss (häufiges Aufhalten im Wasser) und die Entstehung der Schwimmhäute durch einen Nahrungsanstieg findet Moritz übereinstimmend mit seiner freien Antwort in Antwortoption A wieder (Tabelle 5.59).



## 5.9.4 Interview mit Kai

### 5.9.4.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.9.4.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In Kais Erklärungen der Entstehung der Schwimmhäute bei den Enten ist die Vorstellung von einer zielgerichteten Anpassung zentral. Grund der zielgerichteten Anpassung ist dabei das Brauchen der Schwimmhäute. In der **freien Beantwortung** beschreibt Kai beispielhaft die Veränderung vom Affen zum Menschen und den Verlust des Schwanzes beim Menschen, weil dieser ihn nicht mehr gebraucht hat (VERLUST NUTZLOSER MERKMALE). Bei der gezielten Anpassung der Enten passen sich diese an die neue Lebensweise an (INDIVIDUEN ALS AKTEURE). Diesen Vorgang beschreibt er als Weiterentwicklung (WEITERENTWICKLUNG ALS ANPASSUNG). Im Zusammenhang der Antwortmöglichkeiten wird jedoch deutlich, dass er die Enten als Akteure der Anpassung ablehnt. Insgesamt kommt durch die Antworten eine Erweiterung seiner freien Vorstellung hinzu.

**Antwort A** vergleicht Kai mit seiner freien Antwort. Die Inhalte treffen aus Kais Perspektive am besten zu. Dass die Enten sich mit der Zeit automatisch anpassen, scheint dabei mit der Anpassung in Form eines Verlustes von nutzlosen Merkmalen (freie Antwort) vereinbar zu sein (AUTOMATISCHE ANPASSUNG ÜBER DIE ZEIT).

#### Ablehnung von Antwortmöglichkeiten

Alle weiteren Antwortmöglichkeiten schließt Kai aus. In **Antwort B** greift er primär den Aspekt der Veränderung durch Zufall auf, der ihm widerstrebt (~~ZUFÄLLIGE ENTSTEHUNG VON MERKMALEN~~). Die Ablehnung begründet er damit, dass die Entstehung der neuen Merkmale bei den ursprünglichen Landvögeln nur durch Verpaarung mit einem Wasservogel entstanden sein kann und nicht zufällig bei einer Ente auftritt (INTERSPEZIFISCHE VERPAARUNG). Darin deutet sich die Vorstellung von einer Konstanz der Merkmale an. Bereits bestehende Merkmale werden vererbt, wie Kai das auch in der Aufgabe zur Augenfarbe des Sohnes (Kap. 5.8.4) geäußert hat. Das Verpaaren von Land- und Wasservogel wird dabei aber nicht als zielgerichteter Vorgang be-

schrieben, wobei unklar bleibt, ob er von einer Zielgerichtetheit in diesem Zusammenhang ausgeht.

In **Antwort C** erkennt Kai die Anpassungs-Erkenntnis als wesentlichen Aspekt, zusätzlich aber auch die Enten als Akteure, welche die Merkmale ihrer Nachkommen beeinflussen. Letzteres lehnt Kai jedoch ab (~~ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~). Während er in der freien Antwort die Enten noch als sich anpassende Individuen beschreibt (Individuen als Akteure), lehnt er diese Vorstellung in der Auseinandersetzung mit den Inhalten von Antwort C ab. Vergleichbar bewertet er **Antwort D**. In dieser Antwortoption versteht Kai die Natur als Akteur der gezielten Anpassung an die Veränderungen. Kai spricht der Natur die Fähigkeit der Erkenntnis von einer sinnvollen Veränderung und auch die Funktion als aktive Instanz (Akteur) der Veränderung ab (~~ERKENNTNIS DER NATUR, NATUR ALS AKTEUR~~). Bei der Natur ist er sich zudem unsicher, was damit gemeint ist (Unsicherheit mit Antwortinhalten). Genauer kann er die Ablehnung beider Antworten aber nicht begründen.

### 5.9.4.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.60: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Kai und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Verlust nutzloser Merkmale	zentraler Aspekt	Zielgerichtete Anpassung
Anpassung aus Notwendigkeit	Erweiterung	✓ A +Automatische Anpassung über die Zeit
	Neuer Aspekt	x B -Zufällige Entstehung von Merkmalen ! Interspezifische Verpaarung
Individuen als Akteure		x C +Anpassungs-Erkenntnis -Individuen als Akteure
Weiterentwicklung als Anpassung	<u>Unsicherheit mit Antwortinhalten</u>	x D -Natur als Akteur -Erkenntnis der Natur

Die frei genannten Aspekte kann Kai mit Antwort A vereinen, bzw. erweitert er seine Antwort durch die „Automatische Anpassung über die Zeit“ (Tabelle 5.60).

## 5.9.5 Interview mit Inka

### 5.9.5.1 Geordnete Aussagen (Anhang)

### 5.9.5.2 Explikation

#### Freie Antwort und Zustimmung zu Antwortmöglichkeiten

In der Erklärung der Entstehung der Schwimmhäute ist bei Inka die Vorstellung von einer Anpassung aus Notwendigkeit zentral. Diese Vorstellung wird bereits bei der **freien Beantwortung** deutlich und tritt auch in der Bewertung der Antwortmöglichkeiten hervor (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Die Notwendigkeit wird dabei meist mit „brauchen“ oder „müssen“ umschrieben. In der freien Beantwortung generiert Inka die Vorstellung von einem Auslöser der Entwicklung der Schwimmhäute, der in der Aufgabenstellung nicht enthalten ist. Plausibel erscheint ihr, dass die Notwendigkeit der Anpassung durch eine Umweltkatastrophe (Überschwemmung) entstanden ist (UMWELTKATASTROPHE BEWIRKT ANPASSUNG). Dadurch ergänzt sie die Inhalte der Aufgabenstellung um den für sie offensichtlich fehlenden Aspekt eines konkreten Auslösers. Den Anpassungsprozess beschreibt sie als graduelle Veränderung über Generationen, bei der jede Generation „immer ein bisschen mehr“ (61) hatte (GRADUELLE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN). Dadurch zeigt sich die Vorstellung einer generationenübergreifenden Veränderung, die Anpassung vollzieht sich nicht an einem Individuum.

Inka kann in den **Antworten A, C und D** ihre zentrale Vorstellung einer zielgerichteten Anpassung wiederfinden.

In **Antwort A** kann Inka der automatischen Anpassung durch häufigen Umwelteinfluss zustimmen (VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS). Darin ergeben sich Parallelen zu den Aussagen der freien Beantwortung bei der Inka die Umwelt als auslösenden Faktor der Veränderung (Umweltkatastrophe als Auslöser) beschreibt. Die automatische Anpassung verknüpft Inka mit einer zielgerichteten Anpassung an die neue Umgebung (Wasser) (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE ANPASSUNG). „Automatisch“ und „zielgerichtet“ scheinen für Inka vereinbar zu sein. Akteur der Veränderung ist nach Inkas Vorstellung die Evolution (EVOLUTION ALS AKTEUR). Dadurch verändert sie ihre Vorstellung ohne Bezug zu den Inhalten der Antwort.

In der Zustimmung zu **Antwort C** erklärt Inka, dass auf Grund des Bewusstseins der Enten über ihre Situation automatisch eine körperliche Veränderung eingeleitet wird, die zielgerichtet ist (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, AUTOMATISCHE UND GEZIELTE ANPASSUNG). Erneut verknüpft Inka dabei die Vorstellung einer automatischen Veränderung mit einer absichtsvollen, zielgerichteten und notwendigen Anpassung (vgl. Antwort A). Parallelen zur freien Antwort ergeben sich in der Zielgerichtetheit der Veränderung, die Anpassungs-Erkenntnis greift sie an dieser Stelle neu auf.

Zustimmen kann Inka zudem **Antwort D**. In dieser Antwort tritt wieder die Anpassung aus Notwendigkeit in den Vordergrund. Dabei umschreibt Inka die Situation mit „müssen“ (178, 391) (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT). Weil die Schwimmhäute durch die veränderten Umweltbedingungen gebraucht werden, entstehen diese Merkmale zielgerichtet. Bei Landvögeln entwickeln sich die Schwimmhäute nicht, weil sie diese nicht brauchen würden. Dabei stellt Inka heraus, dass die Enten selbst keinen Einfluss auf den Prozess der Entwicklung der Schwimmhäute haben. An anderen Stellen im Interview äußert sie anthropomorphe Aussagen, diese sind offensichtlich aber nur Redewendungen (INDIVIDUEN ALS AKTEURE) Auf den Aspekt der „Natur als Akteur“ in dieser Antwort geht Inka nicht ein (Ignorieren von Antwortaspekten).

### **Ablehnung von Antwortmöglichkeiten**

Die Zufälligkeit in **Antwort B** lehnt Inka ab (~~ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNGEN~~). Sie spricht zwar direkt die genetischen Veränderungen an, im Vordergrund steht jedoch die Zufälligkeit. Des Weiteren steht Inka ablehnend gegenüber, dass sich Enten mit Schwimmhäuten besser vermehren würden (~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHWIMMHÄUTE~~). Sie geht von einem direkten Einfluss des Merkmals auf die Fortpflanzung aus und kann keinen sinnvollen Zusammenhang dabei finden.

### 5.9.5.3 Einzelstrukturierung

Tabelle 5.61: Konzepte zur Enten-Aufgabe von Inka und kategoriale Einordnung.

Freie Konzepte	Kategoriale Einordnung	Antwortoptionen und Konzepte
Anpassung aus Notwendigkeit	zentraler Aspekt	Anpassung aus Notwendigkeit
	Erweiterung	✓ A +Automatische und gezielte Anpassung
Umweltkatastrophe bewirkt Anpassung	Beibehaltung	+Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss
	Neuer Aspekt	+Evolution als Akteur
Graduelle Anpassung über Generationen	Neuer Aspekt	✓ C +Anpassungs-Erkenntnis
	Erweiterung	+Automatische und gezielte Anpassung
	Beibehaltung	✓ D +Anpassung aus Notwendigkeit -Individuen als Akteure
		x B -Zufällige Veränderungen -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute

Die zielgerichtete Anpassung (aus Notwendigkeit), die Inka frei nennt, findet sich in allen für sie plausiblen Antworten wieder (Tabelle 5.61). Die Umwelt als Auslöser kann sie mit der Antwort A vereinen. Ihre Vorstellung wird zudem erweitert und es kommen neue Aspekte dazu.

### 5.9.5.4 Vergleich der Konzepte zur Enten-Aufgabe

Im Folgenden werden die Konzepte der Probanden zu den Antwortoptionen im Vergleich aufgeführt (abgelehnte Antworten: weiß, zugestimmte Antworten: grau).

Tabelle 5.62: Vergleich der Konzepte der fünf Interviewpartner zu den Antworten in der Enten-Aufgabe (Merkmalsentstehung bei Enten).

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>A</b>	+Automatische Anpassung über Generationen +Anpassung aus Notwendigkeit +Erkenntnis der Natur +Anpassungs-Erkenntnis	+Automatische Anpassung  +Graduelle Veränderung durch häufigen Gebrauch	+Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss  +Merkmalsentstehung durch Nahrungsanstieg	+Automatische Anpassung über die Zeit	+Automatische und gezielte Anpassung  +Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss  +Evolution als Akteur
<b>B</b>	-Zufällige genetische Veränderungen  -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute  ! Anpassung aus Notwendigkeit	-Direkte Veränderung durch Erkenntnis ! Graduelle Veränderung über die Zeit	-Zufällige Veränderungen  -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute	-Zufällige Entstehung von Merkmalen	-Zufällige Veränderungen  -Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute

	<b>Anna</b>	<b>Elena</b>	<b>Moritz</b>	<b>Kai</b>	<b>Inka</b>
<b>C</b>	+Anpassungs-Erkenntnis  +Natur als Akteur	+Anpassungs-Erkenntnis  -Individuen als Akteure	+Individuen als Akteure  -Direkte Veränderung durch Erkenntnis ! Anpassung braucht Zeit	+Anpassungs-Erkenntnis  -Individuen als Akteure	+Anpassungs-Erkenntnis  +Automatische und gezielte Anpassung
<b>D</b>	-Anpassung der Vorfahren aus Notwendigkeit	+Gezielte Anpassung an die Natur +Natur als Akteur	+Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss  +Natur als Akteur  +Erkenntnis der Natur  +Nahrungsmangel als Auslöser	-Natur als Akteur  -Erkenntnis der Natur	+Anpassung aus Notwendigkeit  -Individuen als Akteure

### 5.9.5.5 Zusammenfassung und Vergleich der Aufgabenbearbeitung

Im Folgenden werden die wesentlichen Gemeinsamkeiten in der gesamten Aufgabenbearbeitung dargestellt.

#### Offene Antwort

Bei der freien Beantwortung nennen vier der Probanden die Anpassung aus Notwendigkeit zur Erklärung der Entstehung der Schwimmhäute. In drei Fällen induziert aus Sicht der Schüler auch der Umwelteinfluss die Entstehung der Merkmale. In zwei Fällen wird die Veränderung als graduelle Anpassung, in einem Fall über Generationen, beschrieben. Lediglich ein Interviewpartner nennt eine Übereinstimmung mit einer der Antwortoptionen. In drei Fällen behalten die Probanden ihre Vorstellung jedoch bei, zusätzlich werden diese erweitert (3 Fälle) oder es kommen neue Aspekte (4 Fälle) hinzu.

Konzepte: ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT; VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS, UMWELTKATASTROPHE BEWIRKT ANPASSUNG; MERKMALSENTSTEHUNG DURCH NAHRUNGSANSTIEG; GRADUELLE ANPASSUNG, GRADUELLE ANPASSUNG ÜBER GENERATIONEN

#### Antworten A, B, C und D

**Gezielte Anpassung (aus Notwendigkeit) als übergeordnete Vorstellung** (Anna, Elena, Kai, Inka)

In der freien Beantwortung wird die Anpassung aus Notwendigkeit sehr häufig genannt. Diese Vorstellung begleitet dann die Antwortbewertung und drückt sich dann meist in der Vorstellung einer gezielten Anpassung aus.

Konzepte: ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT, AUTOMATISCHE UND GEZIELTE ANPASSUNG, GEZIELTE ANPASSUNG AN DIE NATUR

#### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (318-321):** Antwort A habe ich gewählt, weil ich glaube, dass das von alleine kam, dass die sich anders angepasst haben, damit die sich im Wasser besser bewegen können. (AUTOMATISCHE UND GEZIELTE ANPASSUNG)

**Paul (595-600):** [...] wenn die [Enten] Nahrung aus dem Wasser brauchen, müssen die auch im Wasser schwimmen können. Und deswegen hat sich das verändert, dass die Schwimmhäute gebildet haben. (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT)

**Fin (352-358):** Dass die sich besser bewegen konnten, finde ich wichtig, weil wenn sie sich anpassen, können sie plötzlich auch noch was anderes entwickeln, das Aussehen oder plötzlich Arme bekommen. Aber dass hier gesagt wurde, „damit sie sich besser



fortbewegen können“, das reicht eigentlich schon. (ADAPTIERENDE INDIVIDUEN, GEZIELTE ANPASSUNG)

**Ben (383-384):** Dafür muss von den Enten her ein Problem da sein, dass die das nicht überleben können und sich anpassen müssen. (ANPASSUNG AUS NOTWENDIGKEIT)

### **Anthropomorphe Redewendung und Ablehnung der anthropomorphen Antwort** (Kai)

Im Gesprächsverlauf werden anthropomorphe Formulierungen gemacht. Das kann in der freien Beantwortung sein oder auch im Kontext der Bewertung der Antwortoptionen (Antwort C). Wird dann diese Vorstellung als Antwortoption direkt angesprochen und sollen die Probanden dazu Stellung nehmen, wird diese Vorstellung abgelehnt.

Konzepte: INDIVIDUEN ALS AKTEURE, ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (322-324, 338-339, 438-440):** Mich hat [in der Antwort A] besonders angesprochen, dass die sich im Wasser angepasst haben. (INDIVIDUEN ALS AKTEURE)

Wenn die Enten das machen, geht das nicht [...]. Antwort D habe ich nicht genommen, weil ich mir nicht vorstellen kann, dass die Schwimmhäute entwickeln, wenn sie merken, dass sie nicht schwimmen können. (~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~)

**Paul (411-414, 605-613):** Es kann sein, dass die Enten in einer warmen Umgebung gelebt haben, wo sie sich deswegen viel im Wasser aufgehalten haben. Und deswegen mussten die das dann mit der Zeit ändern, dass die sich im Wasser auch fortbewegen können. (INDIVIDUEN ALS AKTEURE)

Antwort D fand ich unlogisch, weil die Vorfahren nicht mal eben merken können, dass sie nicht schwimmen können [...]. Das können die nicht selber entscheiden. (~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~)

### Antwort A

#### **Häufiger Umwelteinfluss als wesentlicher Faktor in der Antwort „Automatische Anpassung“ (Elena, Moritz)**

In Antwort A spricht die Probanden überwiegend der Aspekt des häufigen Umwelteinflusses (Häufiges Aufhalten im Wasser) an, der dann zu der Entstehung der Schwimmflossen führt. Der Aspekt der automatischen Anpassung wird dabei nebensächlich behandelt, bzw. steht damit in Verbindung, ist aber nicht Anknüpfungspunkt der Zustimmung für viele Probanden. Einige Probanden nennen die Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss aber auch bereits in der freien Beantwortung und knüpfen dann im Zusammenhang der Bewertung der Antwortmöglichkeiten daran an. Zudem werden der häufige Umwelteinfluss und die automatische Anpassung gleichgesetzt.

Konzepte: VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS, VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN GEBRAUCH

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Paul (428):** Es kann sein, wenn die viel im Wasser waren, dass sich das automatisch verändert hat. (VERÄNDERUNG DURCH HÄUFIGEN UMWELTEINFLUSS)

**Ben (398-400):** Ich glaube nicht, dass die sich automatisch ans Wasser anpassen, nur weil sie da viel drin sind. Ich glaube auch nicht, dass mir Kiemen wachsen, wenn ich oft tauchen gehe. (HÄUFIGER UMWELTEINFLUSS ENTSPRICHT AUTOMATISCHER ANPASSUNG)

### Antwort B

#### **Zufälligkeit als zentraler Aspekt** (Anna, Moritz, Kai, Inka)

In Antwort B greifen die meisten Schüler die Zufälligkeit auf und begründen damit ihre Ablehnung der Antwort. Sie können sich nicht vorstellen, dass die Schwimmhäute zufällig entstehen. Die genetischen Veränderungen treten dabei in den Hintergrund.

Konzepte: ~~ZUFÄLLIGE GENETISCHE VERÄNDERUNG, ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNG, ZUFÄLLIGE ENTSTEHUNG VON MERKMALEN~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (365-376):** Eigentlich kann ich mir nicht vorstellen, dass sich das zufällig verändert. Zufällig kann nicht sein, weil das auch mit den Vorfahren der Enten zu tun hat. (~~ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNGEN~~)

**Hella (487-490):** Antwort B habe ich nicht genommen, weil ich nicht denke, dass das was Zufälliges ist, dass das gezielt ist, um dieses Problem mit der Fortbewegung zu lösen. (~~ZUFÄLLIGE VERÄNDERUNGEN~~)

#### **Ablehnung des Vermehrungsaspektes** (Anna, Moritz, Inka)

In der fachlich korrekten Antwort wird der generationenübergreifende Aspekt von einigen Schülern abgelehnt. Dabei wird die Vermehrung direkt auf die Schwimmhäute bezogen.

Konzepte: ~~BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHWIMMHÄUTE~~

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Hella (494-499):** Ich wüsste nicht unbedingt, dass diese sich 100 prozentig besser vermehrt haben müssen. Sie können damit besser schwimmen und sich schneller fortbewegen, aber das hat doch nichts mit dem Futter kriegen und dem Nisten zu tun, weil Enten nisten ja auch an Land. (BESSERE VERMEHRUNG DURCH SCHWIMMHÄUTE)

## Antwort C

### **Unterscheidung zwischen verschiedenen anthropomorphen Vorstellungsaspekten** (Elena, Kai)

Einige Schüler unterscheiden in der anthropomorphen Antwort zwischen der Fähigkeit sich der notwendigen Anpassung bewusst zu sein (Anpassungs-Erkenntnis) und der Fähigkeit diese Anpassung auch selbstständig vornehmen zu können. Die eigenständige Anpassung wird dabei im Vergleich zu der Erkenntnis meistens abgelehnt.

Konzepte: ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~, ANPASSUNGS-ERKENNTNIS

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Julia (438-440):** Antwort [...] habe ich nicht genommen, weil ich mir nicht vorstellen kann, dass die Schwimmhäute entwickeln wenn sie merken, dass sie nicht schwimmen können. (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~)

**Paul (605-613):** Antwort D fand ich unlogisch, weil die Vorfahren nicht mal eben merken können, dass sie nicht schwimmen können und dann sagen: „jetzt brauchen wir Schwimmhäute“ und dann kleben die sich welche an die Füße oder so. Das können die nicht selber entscheiden. (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~)

**Fin (403-408):** [...] dass sie das gemerkt haben, das macht schon Sinn, aber dass die,... z.B. wir Menschen haben uns weiterentwickelt, wir wissen jetzt wie man Handys macht, aber ich würde nicht sagen, dass Enten so schlau sind und nicht so weit entwickelt. Die können schon merken, dass die Schwimmhäute brauchen, können die aber nicht selber entwickeln. (ANPASSUNGS-ERKENNTNIS, ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~)

## Antwort D

### **Unterschiedliche Interpretation der Antwort D** (Anna, Elena, Inka)

Die Natur als Akteur in Antwort D wird oftmals nicht von den Schülern aufgegriffen und bewertet. Die Ablehnung oder Zustimmung wird dabei aus unterschiedlichen Gründen vorgenommen. Nur in einem Fall ist der entscheidende Grund die Natur als Akteur.

Konzepte: GEZIELTE ANPASSUNG AN DIE NATUR, ~~INDIVIDUEN ALS AKTEURE~~, NATUR ALS AKTEUR

Kategorien: kontextabhängige Bewertung

### **Fehlender Auslöser im Aufgabenkontext** (Anna, Moritz)

Einigen Schülern fehlen die konkreten Auslöser für die Entstehung der Schwimmhäute. Das äußert sich dann darin, dass die mangelnde Anpassungs-Notwendigkeit angesprochen wird, oder die Schüler selbst eine konkrete Ursache generieren.

Konzepte: NAHRUNGSMANGEL ALS AUSLÖSER

Kategorien: kontextabhängige Bewertung

### **Ergänzung durch vergleichbare Aussagen aus zehn weiteren Interviews**

**Fin (329-):** [...] mit der Zeit „automatisch“ ist ein bisschen komisch, weil wenn die eh an Land leben, müssen sie nicht im Wasser leben und auf zufällige Art und Weise sind die [Schwimmhäute] auch nicht entstanden. (ANPASSUNGS-NOTWENDIGKEIT)

**Ben (403-409):** Das würde sich nur anpassen, wenn es notwendig ist. Wenn man auch ohne überleben könnte, dann wäre es ja nicht schlimm. Dann würden die Füße langsam anfangen sich *automatisch* anzupassen. (ANPASSUNGS-NOTWENDIGKEIT)

### Wortverständnis

#### **Genetische Veränderungen**

Das Wortverständnis entspricht den Definitionen bzw. den unspezifischen Beschreibungen, die bereits im Zusammenhang der Buchfinken-Aufgabe gegeben wurden (Kap. 5.7)

#### **5.9.5.6 Verständnis des Itemstamms in der Enten-Aufgabe**

Parallelen bei allen Probanden zeigen sich darin, dass die Landvögel als Vorfahren der Enten verstanden werden, die im Gegensatz zu den Enten noch keine Schwimmhäute haben. Zudem erkennen alle Probanden, dass die Fragestellung auf die Entstehung oder die Gründe der Entstehung der Schwimmhäute bei den Enten ausgerichtet ist. Dennoch ergeben sich einzelne Abweichungen, die sich dann auch in der Beantwortung, bzw. der Bewertung der Antwortmöglichkeiten fortsetzen. Moritz bringt bereits in der Wiedergabe des Itemstamms finale Vorstellungsansätze mit ein, indem er beschreibt, dass die Enten Schwimmhäute haben, damit sie sich im Wasser schneller bewegen können. In den Antwortmöglichkeiten lässt sich vergleichbar mit dieser Sichtweise die Vorstellung von einer gezielten Anpassung wiederfinden. In Inkas Wiedergabe zeichnen sich anthropomorphe Tendenzen ab, da sie beschreibt, dass die Enten, die einst Landvögel waren, ursprünglich eine Abneigung gegen die Schwimmhäute hatten. Entsprechend offenbart sich in dieser Vorstellung eine gewisse Bewusstheit der Enten oder auch Einflussmöglichkeit auf die Entstehung der Schwimmhäute. In den Antwortmöglichkeiten wird dann die Zustimmung zur Anpassungs-Erkenntnis deutlich, wodurch angenommen werden kann, dass die anthropomorphe Perspektive bei Inka bereits in der Auffassung des Aufgabentextes Einfluss nimmt und sich dann in der Bewertung der Antworten fortsetzt.

## 6 Diskussion

In dieser Studie wurde ein ausgewählter Satz an Multiple-Choice-Aufgaben qualitativ hinsichtlich wesentlicher Schwachstellen in der Validität überprüft. Ziel war es, die teilweise bereits häufig zur Diagnose von Schülervorstellungen eingesetzten Aufgaben zu überarbeiten und die Konstruktvalidität der Aufgaben zu optimieren. Nach einem allgemeinen Ergebnisüberblick werden die Aufgaben hinsichtlich ihrer Besonderheiten einzeln diskutiert. Praktische Veränderungsvorschläge, die sich aus der Analyse der Aufgaben ergeben, werden kursiv geschrieben, um diese zu verdeutlichen. Der Vergleich der freien Antworten mit der Antwortbewertung wird anschließend für alle Aufgaben genauer betrachtet. Die Diskussion endet mit einer kritischen Reflektion der Vorgehensweise. In einem abschließenden Ausblick werden praktische Hinweise für den Umgang mit den Aufgaben im Unterricht formuliert und weiterführende Schritte in der Konzipierung eines Gesamttests angesprochen.

Die Prüfung von Multiple-Choice-Aufgaben mit Schülervorstellungen als Antwortoptionen mittels eines qualitativen Verfahrens hat sich als effektiv herausgestellt. Die Berechnung der Itemschwierigkeit in der Vorstudie hat gezeigt, dass die Items überwiegend schwerer sind, als der optimale Wert es vorgibt (Kap. 5.1.1, Kap. 5.1.2). In Bezug auf die Zielgruppe (Schüler mit vorunterrichtlichen Vorstellungen) ist dies angemessen, da fachlich hinreichende Vorstellungen vorunterrichtlich nicht zu erwarten sind (vgl. Beardsley 2004). Die Begründungen der Auswahl der korrekten Antwort in der Vorstudie enthielten zwar fachliche Ansätze, ein ausreichendes Verständnis konnte dabei jedoch nicht festgestellt werden. Das konnte durch die Interviewvalidierung bestätigt werden und zudem die Hintergründe genauer aufgezeigt werden. Der zuvor berechnete Wert der Itemschwierigkeit wurde somit durch die qualitative Überprüfung der Aufgabebearbeitung korrigiert, die Schwierigkeit ist entsprechend höher einzuschätzen (vgl. Sadler 1998). Die Trennschärfe wurde in dem Interview nicht weiter verfolgt (geringe Stichprobe und Schüler, die alle im mittleren Leistungsfeld liegen) und steht auch aus genannten Gründen (Kap. 4.4) nicht im Vordergrund. Anzumerken ist jedoch, dass in einigen Aufgaben (z.B. Weismann-Aufgabe) oftmals die richtige Antwort aus unangemessenen Gründen ausgewählt wurde (vgl. Yaroch 1991).

Die überprüften Aufgaben der Hauptstudie sind nicht hinreichend valide. Dieses Ergebnis stimmt mit zahlreichen Studien überein, die vergleichbare Schwachstellen bei der qualitativen Überprüfung verschiedener Multiple-Choice-Aufgaben im naturwissenschaftlichen Bereich untersucht haben (vgl. Treagust 1988, Tamir 1990, Yaroch 1991, Griffard & Wandersee 2001, Olsen et al. 2001, Schoultz et al. 2001, Harlow & Jones 2004, Simkin & Kuechler 2005, Jelemenská 2006b). Eine geringe Trennschärfe aus den oben genannten Gründen betrifft in hohem Maße die Weismann-Aufgabe (Vererbung erworbener Merkmale). Ähnliche Ergebnisse, aber in geringerem Ausmaß, ergaben sich für die Augenfarben-Aufgabe. Die Geparden-Aufgabe ist ungeeignet, weil sie die Vorstellungen der Schüler in einem unpassenden Aufgabenformat präsentiert. Die Hasen-Aufgabe und die Buchfinken-Aufgabe werden primär durch den Kontext bestimmt und lenken von den eigentlichen Vorstellungen in den Antwortvorgaben ab. In der Enten-Aufgabe und in der Wildpferde-Aufgabe treten unterschiedliche Verständnisse der Antwortinhalte von Schülern und Aufgabenkonstrukteur (bzw. Dozent) in den Vordergrund. Die Übereinstimmung von Vorstellungen mit Ergebnissen, die auch in anderen Studien zu Schülervorstellungen zur evolutionären Anpassung ermittelt wurden (z.B. vgl. Baalman et al. 2004, Weitzel 2006, Zabel 2009), zeigt jedoch, dass die Aufgaben grundlegend die Schülervorstellungen zu diesem Thema ansprechen.

Die Konstruktvalidierung hat gezeigt, dass einige Schülervorstellungen grundlegend mit dem Aufgabenformat inkompatibel sind (Geparden-Aufgabe). Der von Sadler (1998, 2000 und weitere, Kap. 4.4) postulierte besondere Umgang mit „distractor-driven“ MC-Aufgaben konnte dabei auf das Aufgabenformat ausgeweitet werden. Die Ermittlung dieses Aspekts kann auf die genaue qualitative Überprüfung der Aufgabenbearbeitung und die Bewertung der Antwortvorgaben zurückgeführt werden. Eine Distraktorenanalyse nach der IRT (Kap. 4.4), wie sie beispielsweise Hermann-Abell & DeBoer (2011) durchgeführt haben, kann zwar Items ermitteln, die keine monotone Itemcharakteristik aufweisen, sie kann jedoch keine Items identifizieren, für die das Aufgabenformat ungeeignet ist. Zudem kann darüber nicht ermittelt werden, ob Schüler die richtige Antwort aus ungeeigneten Gründen auswählen (z.B. Weismann-Aufgabe). Die Ergebnisse zur mangelnden Konstruktvalidität der Aufgaben sind insbesondere vor dem Hintergrund bedeutend, dass einige Aufgaben sowohl in der Schulpraxis als auch für Forschungszwecke zur Diagnose sehr häufig eingesetzt werden.

In dieser Studie wurden wesentliche Schwachstellen ermittelt. Die daraus resultierenden Veränderungsansätze werden in der überarbeiteten Aufgabenversion dargestellt. Insbe-

sondere Hinweise zu alternativen Aufgabenformaten sollten vor Einsatz jedoch evaluiert werden.

## 6.1 Diskussion einzelner Aufgaben

### 6.1.1 Beantwortung der Fragestellung für die Geparden-Aufgabe

In der Geparden-Aufgabe wurden die häufigsten Schülervorstellungen als Distraktoren eingesetzt. Dazu gehören die Anpassung von Eigenschaften durch häufigen Gebrauch und die Vererbung der erworbenen Merkmale oder Eigenschaften (lamarckistisch), die zielgerichtete Anpassung von Individuen mit dem Ziel eines angepassten Zustandes (final) und die Erkenntnis der Individuen von ihrer Situation (anthropomorph). Dieser Aufgabenkontext wurde offen oder geschlossen, als Multiple-Choice-Aufgabe mit ähnlichen Antwortvorgaben, wie in dieser Arbeit, in zahlreichen Studien zur Ermittlung von Fehlvorstellungen zu Evolutionsmechanismen genutzt (Bishop & Anderson 1990, Settlage 1994, Demastes et al. 1995a, Demastes et al. 1995b, Hagman et al. 2003, Johannsen & Krüger 2005, MacFadden et al. 2007, Asterhan & Schwarz 2007, Nehm & Reilly 2007, Stover & Mabry 2007, Olander 2008, Wallin 2008, Lammert 2012, Fenner 2013, Kalinowski et al. 2013). Das Aufgabenverständnis wurde dabei jedoch nicht qualitativ überprüft oder zumindest nicht publiziert. Die Konstruktvalidität aus qualitativer Perspektive ist nicht Schwerpunkt einer der genannten Studien.

#### Schlüsselaspekt „häufiger Gebrauch“ in der lamarckistischen Antwort

Eine besondere Funktion hat der „häufige Gebrauch“ in Antwort A (lamarckistische Antwort), der ausschlaggebend für die Antwortwahl ist (Schlüsselaspekt) (vgl. Harlow & Jones 2004). Dabei ist der plausible Alltagsbezug zum Trainieren von Muskeln entscheidend, der auch in mehreren anderen Studien ermittelt wurde (z.B. Ramorogo & Wood-Robinson 1995). Da die Eigenschaft „Laufgeschwindigkeit“ in diesem Kontext durch eigene Anstrengung verändert werden kann, ist die Vererbung als weiterer Antwortaspekt in diesem Zusammenhang für die meisten Schüler nicht wichtig (vgl. Ramorogo & Wood-Robinson 1995). Durch den häufigen Gebrauch der Muskeln kann jedes Individuum eine eigenständige Leistungssteigerung erreichen. Einige Schüler befürworten jedoch eine Mischung aus Vererbung und eigenständiger Leistungssteigerung. Die Veränderung von Merkmalen im Laufe der Ontogenese, die sich erst ab einem

bestimmten Alter stärker ausprägen, kann ein Grund dafür sein, dass der Vererbung erworbener Merkmale eingeschränkt zugestimmt wird (Justus, Kap. 5.3.3.2). Die Stärke eines ausgewachsenen Geparden kann ein junger Gepard noch nicht haben, auch wenn er das „Potential“ geerbt hat (281-283), wie das Konzept VERERBUNG DES POTENTIALS zeigt (Kap. 5.3.3.2). Die Augenfarbe, beispielsweise, würde wahrscheinlich keine altersabhängigen Vorstellungen hervorrufen. Für die Überprüfung der Kontextabhängigkeit (vgl. Nehm & Ha 2011) wäre es daher sinnvoll, parallel eine Eigenschaft in einer anderen Aufgabe einzusetzen, bei welcher die ontogenetische Entwicklung weniger im Vordergrund steht. Verständnisschwierigkeiten mit den in der Aufgabe genutzten Termini haben die Schüler nicht. Der Begriff Vererbung wurde als Weitergabe von Merkmalen verstanden, vergleichbar mit den Erkenntnissen von Frerichs (1999) und Groß (2007).

### Verknüpfung der lamarckistischen, anthropomorphen und finalen

#### Antwortoptionen

Eine weitere Bedeutung erhält der „häufige Gebrauch“ durch die Kombination mit den Antworten B (finale Antwort) und D (anthropomorphe Antwort). Die anthropomorphe Vorstellung (Erkenntnis) ergibt dann nur in Verknüpfung mit der finalen (Anpassungs-Notwendigkeit) und in mehreren Fällen auch mit dem häufigen Gebrauch der lamarckistischen Antwort Sinn.

Ähnlich konnten Bishop & Anderson (1990), Settlage (1994) und Demastes et al. (1996) die Verknüpfung der Vorstellung vom „Brauchen“ einer Eigenschaft und dem „häufigen Gebrauch“ für das Beispiel des Verlustes der Sehstärke (disuse) bei Salamandern finden. Eine Kombination lamarckistischer und finalistischer Vorstellungen stellte auch Fenner (2013) für jüngere Schüler der Sekundarstufe I fest. Die finalistische Antwort in Kombination mit häufigem Gebrauch zeigt, dass Lernende bevorzugt eine konkretere Prozessbeschreibung einbeziehen, die nicht in der finalen Antwort enthalten ist, wenn sich daraus kein Widerspruch ergibt. Möglich ist, dass die Anpassung aus Notwendigkeit aus Sicht vieler Schüler nur eine saloppe Ausdrucksweise ist und durchaus mit einer genaueren Prozessbeschreibung vereinbar ist (vgl. Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Moore et al. 2002, Geraedts & Boersma 2006). Der Verstehensprozess, den Zabel (2009) auf der Grundlage seiner Ergebnisse zu den Lernwegen der Schüler in seiner Untersuchung konzipiert, enthält „häufigen Gebrauch“ (dort Organgebrauch) als Erklärung des Prozesses. Zabel zeigt, dass mit Fortschreiten des Lernprozesses diese Vorstellung durch fachliche Erklärungen ersetzt wird. Da diese vorunterricht-





(Start) vorangeht. Baalman et al. (2004) ordnen den „häufigen Gebrauch“ als Konzept jedoch der Denkfigur „Adaptive körperliche Umstellung“ zu, bei welcher körperliche Veränderungen „automatisch durch die Reaktionen der Organismen auf die Lebensbedingungen“ (S. 13) verursacht werden. Weitzel (2006, S. 97) verdeutlicht durch seine Kategorisierung von Vorstellungen, dass Anpassungs-Notwendigkeit und Anpassungs-Erkenntnis Voraussetzungen in der Vorstellung der Schüler für den gezielten Anpassungsprozess sind. Er weist darauf hin, dass diese Vorstellungsaspekte in vorangegangenen Studien von Schülern parallel und zusammenhängend genutzt wurden (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Baalman et al. 2004). Hingegen ordnet Weitzel (2006, S. 94) den häufigen Gebrauch als Vorstellung dem Vorgang der Anpassung zu. Wie in dieser Arbeit gezeigt wurde, können sich diese Vorstellungskategorien (Voraussetzungen, Vorgänge) ergänzen. *Es wäre sinnvoll zwischen diesen beiden Vorstellungsgruppen zu unterscheiden und nicht einzelne Konzepte verschiedener Gruppen als Antwortalternativen zu konzipieren.*

Tamir & Zohar (1991) untersuchten die Kopplung anthropomorpher und finaler Vorstellungen. Dabei waren anthropomorphe Vorstellungen vorhanden, wenn auch finale Vorstellungen vertreten wurden, nicht aber umgekehrt. Auch in der vorliegenden Arbeit wurden anthropomorphe Antworten oftmals nur in Kombination mit der finalen Antwortoption ausgewählt. Das zeigte sich sowohl in der Vorstudie (Kap. 5.1) als auch in der Interviewanalyse (Kap. 5.2). Tamir & Zohar (1991) führen die Tatsache, dass anthropomorphe Vorstellungen immer an finale Sichtweisen geknüpft sind, finale aber auch ohne anthropomorphe Komponenten auskommen, darauf zurück, dass finale Sichtweisen auf der Einschätzung biologischer Systeme als funktional strukturiert basieren. Die Bewusstheit der Lebewesen (anthropomorph) ist dabei nicht relevant. In der Geparden-Aufgabe machten viele Schüler einen Vergleich der Antworten B und D (finale und anthropomorphe Antwort), wobei sie oftmals keine Unterschiede erkennen konnten. Es zeigt sich auch, dass wenn eine der beiden Antworten abgelehnt wird, die anthropomorphe Antwort diejenige ist, die ausgeschlossen wird. Der Vergleich zeigt jedoch die enge Verbindung, die für einige Schüler zwischen den finalen und anthropomorphen Sichtweisen besteht (vgl. Weitzel 2006, S. 98).

Lakoff & Johnson (1999, S. 178) und Ferrari & Chi (1998) erkennen in der fachlich inadäquaten Sichtweise die Vorstellung von Prozessen als „Ereignisse“. Merkmale des Ereignisses sind ein Anfang, ein bestimmter Ablauf, Kausalität und Zielgerichtetheit. Vergleichbare Schwierigkeiten haben Schüler im Verständnis chemischer Gleichge-

wichte, die Parallelen zu den Vorstellungen in der Evolution zeigen (Chiu et al. 2002). Ferrari & Chi (1998) grenzen davon den evolutionären Anpassungsprozess aus fachlich angemessener Sicht ab, der einem „Gleichgewichtszustand“ entspricht. Dieser ist ein dynamischer, fortlaufender Prozess, der nicht nach bestimmten Regeln abläuft und weder Anfang noch Ende hat. Der zuvor beschriebene Vorstellungskomplex (Start-Weg-Ziel Schema) kann vergleichbar der Sichtweise von Anpassungsprozessen als Ereignisse zugeordnet werden.

Johnston & Southerland (2000) ordnen naive Prozessbeschreibungen (Ereignisse, Start-Weg-Ziel Schema) einer bestimmten ontologischen Kategorie zu (vgl. Charles & d'Appolonia 2004, Chi 2005). Nach Chi & Roscoe (2002) sind Fehlvorstellungen dadurch gekennzeichnet, dass Konzepte in aus fachlicher Perspektive unangemessene ontologische Kategorien eingeordnet werden. Ontologische Kategorien beschreiben grundlegende Typen von Entitäten wie Gegenstände, Eigenschaften, Prozesse und Ereignisse (Westerhoff 2005). Wesentliche Charakteristika in der Auffassung von Lernenden oder Novizen ist dabei die Kontrolle der Prozesse (vgl. Zufälligkeit) und die Vorhersagbarkeit des Ablaufs und Ausgangs (Jacobson 2001, Charles & d'Appolonia 2004), Merkmale, die mit der finalen Vorstellung vergleichbar sind. Die finale Vorstellung erhält durch die übergeordnete Funktion einen theorieähnlichen Charakter<sup>9</sup>. Mayr (1992) spricht sogar von einer finalistischen Weltanschauung. Engel Clough & Driver (1986) bezeichnen Vorstellungen, die immer wieder in verschiedenen Kontexten von mehreren Schülern genannt werden, als „frameworks“ (vgl. übergeordnete Vorstellung von der gezielten Anpassung) und grenzen diese von Konzepten ab (vgl. Palmer 1999). Dannemann & Krüger (2009) beschreiben, dass sich Konzepte besser zur Umsetzung von Schülervorstellungen in Distraktoren eignen (anders als Denkfiguren, bzw. übergeordnete Vorstellungsmuster), da diese sich in einem Satz formulieren lassen. Nach Vosniadou (2002, S. 66 f) sind Konzepte oder Wissensfragmente (p-prims) generell nicht unabhängig voneinander organisiert, wie teilweise diskutiert, sondern in einem theorieähnlichen System (vgl. Vosniadou 2002, S. 66 f) miteinander verbunden. Da die Organisation von Vorstellungen generell jedoch ein Forschungsbereich ist, in welchem keine Einigkeit besteht (Özdemir & Clark 2007), kann lediglich geschlussfolgert werden, dass sich die häufigen Fehlvorstellungen zum Anpassungsprozess in diesem Kontext nicht in

---

<sup>9</sup> Damit ist nicht die Theorie im wissenschaftlichen Sinne unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Beweislagen gemeint (vgl. Berck & Graf 2003, S. 93, vgl. Krüger & Vogt 2007, S. 1ff), sondern ein übergeordnetes Deutungsschema, vergleichbar mit der finalistischen Weltanschauung von Mayr (1992). Die Bezeichnung soll den übergeordneten Vorstellungscharakter verdeutlichen.

einzelne Fragmente, die unabhängig voneinander sind, zerlegen lassen, und übergeordnet das Schema eines ereignisähnlichen Prozesses (finalistische Sichtweise) zugrunde liegt.

Die „Anpassungs-Notwendigkeit“ wird von Baalman et al. (2004) als Konzept formuliert und definiert als Anpassung, die zwangsläufig passiert, wenn sie für das Überleben notwendig ist (vgl. Antwort B). Abzugrenzen ist diese Vorstellung vom Schema der Zielgerichtetheit, in dem dieses Konzept subsumiert werden kann. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass ein übergeordnetes Schema bei der Bewertung der Antworten leitend ist und die finale Komponente, wie sie in den qualitativen Studien ermittelt wurde, nicht isoliert betrachtet wird, sondern in einen zusammenhängenden Komplex von Konzepten (die sich nicht gegenseitig ausschließen) integriert ist. *Die Einordnung als alternative Antwortoption in einem Multiple-Choice-Format ist entsprechend zu überdenken.*

Der Umgang mit „komplexen“ Vorstellungen begrenzt sich in der Literatur im Rahmen der Umsetzung in Multiple-Choice-Formate auf die Konstruktion verschiedener Fähigkeitsstufen, die durch Distraktorenanalysen ausgewertet werden können (z.B. Briggs et al. 2006). Dabei sind komplexere Vorstellungen mit höherer Fähigkeit verknüpft, wie das auch für die korrekte Antwort bei evolutionären Fragestellungen der Fall ist. Die Komplexität von Fehlvorstellungen und die systematische Vernetzung von Konzepten werden dabei nicht betrachtet.

### Anthropomorphe Antwortoption

Die anthropomorphe Vorstellung (Antwort D) kann in zwei Aspekte unterteilt werden, zwischen denen einige Probanden wesentliche Unterschiede machen. Die Probanden berücksichtigen zum einen die Fähigkeit der Individuen, sich der Situation bewusst zu sein (Anpassungs-Erkenntnis), und zum anderen gehen sie darauf ein, dass die Individuen in der Lage sind, selbstständig eine Anpassung auszuführen (Adaptierende Individuen). Einige berücksichtigen beide Aspekte, auch wenn lediglich die Anpassungs-Erkenntnis in der Antwortoption enthalten ist, andere beziehen sich nur auf die selbstständige Anpassung oder die Anpassungs-Erkenntnis. Das hängt davon ab, ob die Probanden die Antwort so auffassen, dass das Erkennen auch gleichzeitig mit einer Handlung verbunden ist. Eine Unterscheidung dieser Aspekte findet sich auch in anderen qualitativen Studien (Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Baalman et al. 2004, Weitzel 2006). Während die Erkenntnisfähigkeit der Lebewesen oftmals angenommen wurde, lehnten die Schüler die eigenständige Veränderung von Individuen in der vorlie-

genden Untersuchung ab (vgl. Olander 2008). Probanden, die in der anthropomorphen Antwortoption eine direkte Anpassung in den angepassten Zustand allein durch Erkenntnis verstehen (Konzept: ~~ANGEPASSTHEIT DURCH ERKENNTNIS~~), bemängeln dabei den direkten Wechsel vom Ausgangs- in den Zielzustand. In Bezugnahme auf das Start-Weg-Ziel Schema fehlt diesen Probanden der „Weg“ zum veränderten Zielzustand in der Antwortoption. Auch in diesem Zusammenhang kann die Unterscheidung von Voraussetzungen und Vorgängen herangezogen werden. Nach Lakoff & Johnson (1999) ist in dem Start-Weg-Ziel-Schema der räumliche Weg mit einem zeitlichen Verlauf verknüpft. Übertragen auf die anthropomorphe Antwort fehlt der Antwortoption dabei aus Sicht der Schüler die zeitliche Komponente des Prozesses (vgl. Chi et al., 1994). Prozesse (Anpassung), wie sie von Schülern verstanden werden (Ereignisse, vgl. Ferrari & Chi 1998), sind dabei immer an einen zeitlichen Verlauf gebunden, während Gleichgewichtszustände (fachlich korrekte Perspektive) zufällig und nicht als zeitlich greifbarer Prozess ablaufen (vgl. Chi et al. 1994). Der „Erkenntnis“ als Antwortoption zum Veränderungsprozess mangelt es dabei an der zeitlichen Verlaufskomponente. Weitzel (2006, S. 94) unterteilt die beiden Aspekte in „Anpassungs-Erkenntnis“ als Voraussetzung und „Adaptierende Individuen“ als Vorgang. Baalman et al. (2004) finden im Rahmen der Denkfigur „Gezieltes adaptives Handeln von Individuen“ (s. o.) die Vorstellung einer „graduellen Anpassung“. Der Prozess wird darin in seinem zeitlichen Verlauf genauer beschrieben.

*Da der „Erkenntnis“ und der „eigenständigen Anpassung“ nicht gleichermaßen zugestimmt wird, ist es nicht ausreichend, die Lernenden als übergeordnet anthropomorph einzustufen und diese Vorstellung mit lediglich einem dieser Aspekte zu überprüfen. Genauso wenig ist es sinnvoll, beide Aspekte in einer Antwortoption zu vereinen, weil die „eigenständige Anpassung von Individuen“ oftmals abgelehnt wird. Die Vorstellung der Erkenntnisfähigkeit sollte entsprechend parallel zu der Vorstellung einer selbstständigen Anpassung der Individuen erfasst werden. Dabei sollten aber auch andere Antwortoptionen zusätzlich auswählbar sein, da dem Schüler die Prozesskomponente in der Vorstellung fehlen könnte (Antwortkombination, s. Verknüpfung der lamarckistischen, anthropomorphen und finalen Antwortoptionen).*

Die Ablehnung der anthropomorphen Antwort, bzw. die geringere Attraktivität dieser Antwort in der Vorstudie (Kap. 5.1.3.1), könnte somit auf die Ablehnung der eigenständigen Anpassung der Individuen oder auf die „Unvollständigkeit“ der Erkenntnis als Anpassungsvoraussetzung zurückgeführt werden. Ein weiterer Grund kann die parallele

Plausibilität anderer Antworten gewesen sein, die bei der Auswahl bevorzugt wurden. Da nur eine Antwort gewählt werden durfte, wurde die anthropomorphe Antwort meistens abgelehnt. Ohne eine genauere Analyse der Auswahlgründe in einem qualitativen Verfahren wäre die anthropomorphe Antwort eliminiert worden (vgl. Bush 2006). Die Interviewanalyse hat gezeigt, dass anthropomorphe Vorstellungen jedoch differenziert betrachtet werden müssen, bzw. in Kombination mit anderen Vorstellungsaspekten aus Sicht der Schüler plausibel sind.

### Anpassungs-Notwendigkeit in der finalen Antwortoption

Mehrfach sprechen die Interviewpartner den Mangel eines konkreten Auslösers der Veränderung in der Geparden-Aufgabe an oder generieren selbst einen im Kontext passenden Auslöser, die Schnelligkeitszunahme der Beute, die eine Anpassung notwendig erscheinen lässt. Engel Clough & Wood-Robinson (1985a) und Engel Clough & Driver (1986) konnten in ihren Studien die Bedeutung der Dringlichkeit von Anpassungen in verschiedenen Kontexten zeigen. Die Anpassungs-Notwendigkeit trat in den Vordergrund, wenn die Schüler von einer unbedingten Anpassung ausgingen, beispielsweise bei der Entwicklung des Fells des Polarfuchses. Die Vorstellung einer Zielgerichtetheit, die in dieser Aufgabe mit der Anpassungs-Notwendigkeit verbunden ist, erfordert entsprechend einen die Notwendigkeit der Anpassung hervorbringenden Auslöser (vgl. Weismann-Aufgabe, Enten-Aufgabe, Buchfinken-Aufgabe). Dass in dem Kontext (Itemstamm) ein Auslöser der Veränderung von „damals“ zu „heute“ fehlt, wird beispielsweise bei zwei Probanden (Hella und Fin, Kap. 5.3.5.5) aus dem konkurrenten Interviewverfahren deutlich. Hella versteht dabei nicht, warum sich die nachfolgenden Geparde „plötzlich“ mehr anstrengen müssen. Fin sieht in Antwort B keine „Anpassungs-Notwendigkeit“, weil kein bestimmter Anlass gegeben ist und merkt an, dass die Geparde früher auch laufen mussten. Andere Schüler gehen einfach davon aus, dass die Beute schneller wurde und dadurch eine Leistungszunahme der Geparde erforderlich ist.

### Fachlich angemessene Antwort

Viele Probanden können individuellen Unterschieden in der Schnelligkeit oder dem Auskommen mit geringen Nahrungsmengen zustimmen, da sie solche Unterschiede aus dem Alltag kennen. Variation wird somit kontextabhängig bewertet. Diese Feststellung widerspricht den Ergebnissen von Heredia et al. (2012), nach denen das Variationsverständnis relativ kontextunabhängig geäußert wird. In ähnlicher Weise ergibt sich auch eine alltagsbezogene Logik für die Selektion. Oftmals wird an die Selektion, bzw. Vari-

ation, keine generationenübergreifende Konsequenz angeknüpft (Kap. 6.2). Der Aspekt der Vermehrung in der Antwortoption wird somit vernachlässigt. Ausschlaggebend für die Bewertung der Antwort sind die Aspekte, die mit den lebensweltlichen Erfahrungen übereinstimmen. Die Zustimmung zu der fachlich angemessenen Antwort wird somit nicht aufgrund fachlich korrekter Hintergründe gemacht, sondern weil die beschriebenen Unterschiede der Individuen (Laufleistung und Nahrungsbedürfnis) aus dem Alltag bekannt sind.

### Evolution als Fortschritt und Verbesserung

In der Geparden-Aufgabe wurde die Vorstellung einer „Weiterentwicklung“ oder „Verbesserung“, verbunden mit einem „Gewinn“ (Verstärkung der Eigenschaft), geäußert (vgl. Deadman & Kelly 1978, Bizzo 1994). Bereits in der freien Antwort gehen Schüler auf eine Verbesserung oder Weiterentwicklung ein. In Antwort C (fachlich korrekte Antwort) wird diese Vorstellung durch die im Text verwendeten Komparative „besser“ und „schneller“ erneut aufgegriffen. In einigen Fällen kann daher die Förderung der Vorstellung einer Verbesserung oder Weiterentwicklung durch evolutionäre Veränderungen festgestellt werden, die nicht mit der Wissenschaft kompatibel ist. Zur Überprüfung der Kontextabhängigkeit wäre vergleichend eine Aufgabe zu wählen, in welcher die angepassten Eigenschaften keine verstärkte Form der ursprünglichen Ausprägung darstellen. Nehm & Ha (2011) und Nehm et al. (2012) empfehlen die Kombination von Kontexten, die einen Gewinn oder einen Verlust der Eigenschaft darstellen.

### Veränderung der Aufgabe

*In dieser Aufgabe wird die Fragmentierung von Vorstellungselementen für die Operationalisierung in einem Multiple-Choice-Format dem Vorstellungsmuster vieler Schüler nicht gerecht. Daraus ergibt sich, dass eine alternative Multiple-Choice-Variante bei der Überarbeitung der Aufgabe gewählt werden sollte. Diese Variante sollte die Auswahl mehrerer Antworten ermöglichen (Multiple-Response). Da für MC-Formate, in denen eine Antwort richtig ist, zumeist die Voraussetzung besteht, dass sich die Antwortoptionen ausschließen (Haladyna et al. 2002, Moreno et al. 2006), konnte keine Studie gefunden werden, die eine solche Variante (wie hier vorgeschlagen) beschreibt. Schließen sich die Antworten nicht aus, führt das nach Moreno et al. (2006) für den Schüler zu Schwierigkeiten bei der Auswahl und dem Ausschließen von Antworten. Mehrere Antworten sind meist üblich, wenn es sich dabei um fachlich korrekte Antworten handelt (Hutchinson 1991, S. 102, Kubinger et al. 2010). In diesem Fall geht es jedoch darum,*

parallele, bzw. kombinierte Fehlvorstellungen in einer Aufgabe zu ermitteln. Um diagnostizieren zu können, ob die Schüler eine Aufgabenkombination bevorzugen, müsste die Antwort oder die Kombination von Antworten begründet werden. So könnten Schüler mit Teilwissen, die sich nicht sicher mit einer der Antworten sind und daher mehrere auswählen (vgl. Bush 2001) von denen unterschieden werden, die eine Antwortkombination (wie in dieser Arbeit) für sinnvoll halten. Zudem sollte die Begründung Auskunft darüber geben können, ob ein Schüler Antworten für vergleichbar hält, wie es in dieser Aufgabe für die finale und die anthropomorphe Antwort vorgekommen ist. Voraussetzungen und Vorgänge, bzw. die entsprechenden Konzepte, können dabei kombiniert werden. Eine weitere Format-Variante wäre die Formulierung der Antwortoptionen als Aussagen, für welche die Schüler auf einer Rating-Skala ihre Übereinstimmung angeben können (z.B. Gregory & Ellis 2009). Die Schüler müssen dabei auf jede einzelne Vorstellung eingehen. Die Antwortkombination kann dabei jedoch nicht optimal erfasst werden. Parallel wäre es sinnvoll, die Antwortoptionen in einem Kontext zu überprüfen, der eine statische Eigenschaft (z.B. Schwimmhäute bei Enten) beinhaltet, um zu ermitteln, ob die Prozesskomponente „häufiger Gebrauch“ auch in diesem Zusammenhang zur Erklärung herangezogen wird oder primär im Zusammenhang mit der „dynamischen“ Laufgeschwindigkeit relevant ist. Vorstellungen zur Entwicklung des Wals weisen jedoch darauf hin, dass diese Vorstellungskomponente auch für statische Eigenschaften genutzt wird (Zabel 2009, Zabel & Gropengießer 2011).

In der Vorstudie wurden Antworten, in denen nur einzelne Antwortaspekte berücksichtigt wurden zunächst gekürzt, um die wesentlichen Aspekte zu verdeutlichen. In der Interviewanalyse zeigte sich, dass trotz gekürzter Texte, Antwortaspekte oftmals nicht als wesentlich erachtet wurden. Um die bedeutsamen Aspekte aus Sicht des Aufgabenkonstruktors zu verdeutlichen, sollten diese unterstrichen werden (Biere 1991, S. 7, Christmann 2004). So kann die Textverständlichkeit verbessert werden. Eine Evaluation vor Einsatz der Aufgabe ist zu empfehlen. (Kap. 6.2).



Aufgabe in veränderter Form:

Bitte wähle eine oder mehrere Antworten aus:

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

- a. Die Geparde nutzten ihre Muskeln häufiger. Dadurch wurden sie schneller und vererbten dies an die Nachkommen.
- b. Die Geparde sind schneller geworden, weil es für das Jagen von ausreichend Beutetieren notwendig war.
- c. Einige Geparde waren schneller und haben mehr Beute gefangen. Dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere.
- d. Die Geparde haben erkannt, dass sie schneller laufen mussten, um ihre Beute fangen zu können.
- e. Die Geparde haben sich angepasst, bis sie schneller waren und besser Beute fangen konnten.

Bitte begründe die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten so genau wie möglich:

---

### 6.1.2 Beantwortung der Fragestellung für die Weismann-Aufgabe

Die Vorstellung der Vererbung erworbener Merkmale tritt in dieser Aufgabe, anders als in der Geparden-Aufgabe, deutlich in den Fokus. Über diesen Kontext wurden bereits Vorstellungen zur Vererbung erworbener Merkmale in anderen Studien ermittelt (Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, Engel Clough & Driver 1986, Jimenez-Aleixandre 1992) und die Aufgabe wurde auch für den Einsatz im Unterricht vorgeschlagen (Jensen & Finley 1996, Stern & Ben-Akiva 2007). Ähnliche Aufgaben wurden von Kargbo et al. (1980, Hunde) und Ramorogo & Wood-Robinson (1995, Ziegen) verwendet.

### Vererbung erworbener Merkmale und Anpassungs-Notwendigkeit

Weitzel (2006, S. 97 f) geht davon aus, dass der Aufgabenkontext ungeeignet ist, da die Veränderung nicht mit Anpassungs-Notwendigkeit verbunden ist, sondern ein künstlicher Eingriff ist (vgl. Baalman et al. 2004). Die Notwendigkeit des Schwanzes wurde in Antwort D (Vererbung der Merkmale bei Vorteilen) berücksichtigt. Die Erfassung der Vererbung bei Vorteilen ist in diesem Kontext schwierig, da der Aufgabenstamm nicht mit den Vorteilen verknüpft ist, sondern nur in dieser Antwort Vorteile angenommen werden sollen („was wäre, wenn...“). Antwort D wird dadurch von vielen Schülern stark kontextabhängig beurteilt (vgl. Gauld & Ryan 1983, Leighton & Gokiort 2005). Sie gehen davon aus, dass man über die Vorteile eines Schwanzes bei Mäusen Bescheid wissen muss, um diese Antwort auszuschließen oder ihr zuzustimmen. Der Bezug zur Vererbung erworbener Merkmale wird dabei nicht hergestellt. *Die Vorstellungen sollten entsprechend mit den Inhalten des Aufgabenstamms verbunden sein* (vgl. Ahmed & Pollitt 2001). Chin & Teou (2010) stellten fest, dass die Vorstellung von der Vererbung erworbener Merkmale nicht unbedingt an die Notwendigkeit gebunden ist. Banet & Ayuso (2003) hingegen zeigten in einem vorunterrichtlich ermittelten Schema (Scheme I), dass die lamarckistische Sichtweise in Verbindung mit der Notwendigkeit häufig genutzt wurde. Darin äußert sich erneut die Verknüpfung finaler und lamarckistischer Vorstellungen, wie das bereits in der Geparden-Aufgabe deutlich wurde (Kap. 6.1.1). Selbst für Studenten ist es plausibel, dass Merkmale vorhanden sind, weil sie von Vorteil sind (Gregory & Ellis 2009). Der Aufgabenkontext ist nicht grundsätzlich abzulehnen (wie in dieser Arbeit gezeigt, vgl. Chin & Teou 2010), für einen umfassenden Test sollte aber eine weitere Aufgabe, die eine Anpassungsnotwendigkeit beinhaltet, hinzukommen. Die Notwendigkeit wird bei Jiménez-Aleixandre & Fernández-Pérez (1987) sowie bei Johannsen & Krüger (2005) durch den Einfluss eines Räubers (Eule), der Mäuse am Schwanz fängt, integriert. Dabei wird eine weitere Aufgabe angehängt, die in dieser Arbeit auf Grund des Testumfangs vermieden werden sollte. Bei Johannsen & Krüger (2005) wurde die Vererbung erworbener Merkmale auf den Aspekt des „Brauchens“ bezogen. Eingebunden in diesen Kontext scheint die Vererbung erworbener Merkmale bei Vorteilen plausibler zu sein, anders als die kontextungebundene Darstellung „was wäre wenn der Schwanz mit Vorteilen verbunden wäre“, wie in der Antwort D in dieser Arbeit. Die lamarckistische Vorstellung scheint entsprechend stark kontextabhängig generiert zu werden, wie auch Wood-Robinson (1994) und Kargbo et al. (1980) schlussfolgerten. Lawson & Thompson (1988) vermuteten auf der Grundlage

ihrer Ergebnisse, dass die Vererbung erworbener Merkmale umso eher vertreten wird, je länger der Prozess der Aneignung dauert. Die überwiegende Ablehnung der lamarckistischen Antwort in der Weismann-Aufgabe kann, verglichen damit, auf die Analogie vom Verlust von Gliedmaßen (schnelle Veränderung) zurückzuführen sein, da dies eine schnelle Veränderung ist. Dunkle Haut, die durch einen langfristigen Bräunungsverlauf entsteht, wird aus Sicht der Schüler eher vererbt (Lawson & Thompson 1988).

### Fachlich korrekte Antwort

Die Verknüpfung der Weismann-Aufgabe mit dem gängigen Alltagsbezug „Verlust von Gliedmaßen bei Menschen“ (vgl. Kargbo et al. 1980, Johannsen & Krüger 2005) zeigt die Auswahl der richtigen Antwort aus wissenschaftlich unangemessenen Gründen. Die Lernenden erkennen die richtige Antwort, lösen die Aufgabe aber nicht aus einer fachlichen Perspektive (Schoultz et al. 2001, Ferrara et al. 2004, S. 13 f). Die Argumentation über Analogien (hier der Verlust von Gliedmaßen bei Unfällen) konnten Basel et al. (2013) als eines der häufigsten Argumentationsschemata zu Fragestellungen der Evolutionstheorie ermitteln. Hinsichtlich der Itemschwierigkeit ist diese Aufgabe besonders leicht. Sie ist zudem ungeeignet fachliche und fachlich inadäquate Vorstellungen der Schüler zu überprüfen, bzw. zwischen Testnehmern mit fachlich angemessenen und Testnehmern mit fachlich unangemessenen Vorstellungen zu unterscheiden (geringe Trennschärfe). Die richtige Antwort kann in diesem Kontext durch das Wissen über Tatsachen gefunden werden (Vererbung oder nicht), Wissen darüber, warum das passiert, ist nicht notwendig, und wird entsprechend mit dieser Aufgabe nicht erfasst (vgl. Ferrara et al. 2004, S. 16). Vergleichbar überprüfte Jelemenská (2006b) (wie auch Schoultz et al. 2001) Aufgaben der TIMSS-Studie in einem qualitativen Verfahren und kam zu dem Ergebnis, dass die Einteilung der Aufgaben in Kompetenzstufen nicht angemessen war, da die Lösungshintergründe nicht den Erwartungen der Aufgabenkonstrukteure entsprachen. Aufgaben zur Ökologie wurden dabei oftmals nicht durch fachlich angemessene, sondern durch anthropomorphe Vorstellungen gelöst.

Die Auswahl der fachlich korrekten Antwort (Antwort A) wurde in der vorliegenden Arbeit nicht nur über den Alltagsbezug „Verlust von Gliedmaßen“, sondern auch mit verschiedenen anderen Vorstellungen begründet. Übereinstimmend dabei ist, dass die Merkmale nicht vererbt werden, alle anderen Gründe sind sehr unterschiedlich. Inhalte, die im curricularen Kontext relevant sind und gleichzeitig Entsprechungen im Alltag haben, können ein breites Vorstellungsfeld darstellen (Ferrara et al. 2004, S. 13). Der

Antworttext (Das Abschneiden hat keinen Einfluss auf die Schwanzlänge der Nachkommen) lässt dabei viele unterschiedliche Begründungen zu. *Da diese Antwort häufig ausgewählt wird und mit vielen fachlich inadäquaten Gründen kompatibel ist, sollte der Antwortoption eine Begründungsaufgabe angeschlossen werden.*

### Vererbung erworbener Merkmale nach Generationen

Antwort C (Vererbung erworbener Merkmale nach Generationen) wird oft anders verstanden, als sie vom Aufgabenkonstrukteur beabsichtigt war (vgl. Harlow & Jones 2004). Die Schüler bringen dabei im Rahmen der Antwortformulierungen weitere Vorstellungsvarianten unter, wie die graduelle Abnahme der Schwanzlänge über Generationen. Dass die Vererbung erworbener Merkmale nach mehreren Generationen möglich ist, können sich viele Schüler in anderen Studien vorstellen, auch wenn sie die Vererbung erworbener Merkmale zuvor ablehnten (vgl. Engel Clough & Driver 1986, Ramorogo & Wood-Robinson 1995, Johannsen & Krüger 2005). Letztlich ist der Faktor Zeit entscheidend bei dieser Antwort, ob die Veränderung graduell oder „erst“ nach Generationen auftritt. Einige Schüler, die in dieser Arbeit interviewt wurden, bemängelten die Diskontinuität der Merkmalsausprägungen, die sich durch den Wechsel von kurzem und langem Schwanz über Generationen ergibt. Darin zeigen sich Parallelen zu der Schülervorstellung „Konstanz von Merkmalen“ (Venville & Treagust 1998, Frerichs 1999). Dieser Ablehnungsgrund bezieht sich nicht direkt auf die Frage, ob das erworbene Merkmal vererbt werden kann. „Generationen“ als Antwortaspekt werden in einigen Fällen als Ahnenfolge beschrieben. Daraus ergibt sich eine veränderte Zeitdimension von Veränderungen. „Nach mehreren Generationen“ wird dabei unter Umständen als sehr viel „länger“ verstanden, als wenn der Begriff im kommensurablen Sinne aufgefasst werden würde (vgl. Harlow & Jones 2004). Das abweichende Wortverständnis kann dabei die Auswahl eines Distraktors beeinflussen (Clerk & Rutherford 2000). *Da sich der Begriff schwer in einem leicht verständlichen Wort vermitteln lässt, wäre eine kurze erklärende Definition sinnvoll.*

Vererbung wird im Rahmen dieser Aufgabe als Weitergabe von Merkmalen der Eltern an die Nachkommen verstanden (Vererbung als Weitergabe, Frerichs 1999, Groß 2007, S. 137). Ein fachlich hinreichendes Verständnis davon, was Vererbung bedeutet, kann nicht vorausgesetzt werden. Die große Lösungshäufigkeit im Rahmen dieser Aufgabe ist somit nicht nur mit einem Mangel an fachlich angemessenen Erklärungen der richtigen Antwort verknüpft, sondern auch mit einem naiven Verständnis von Vererbung.

*Schwierigkeiten mit den Wörtern im Itemstamm ergeben sich nur vereinzelt. Um Missverständnisse zu umgehen, sollte der Begriff „Zoologe“ durch „Wissenschaftler“ ersetzt werden.*

### Veränderung der Aufgabe

*Die Kombination der Vererbung erworbener Merkmale kann mit der Anpassungsnotwendigkeit in dieser Aufgabenkonzeption nicht hinreichend erfasst werden. Die Aufgabe sollte vergleichbar mit Jiménez-Aleixandre & Fernández-Pérez (1987) und Johannsen & Krüger (2005) in eine weitere Aufgabe übergehen, in welcher der Vorteil bereits im Itemstamm enthalten ist (vgl. Ahmed & Pollitt 2001). Allerdings wird dabei die „Vererbung erworbener Merkmale“ nicht direkt angesprochen, sondern lediglich die Entstehung von Merkmalen bei Vorteilen. Ob das Weismann-Experiment als gemeinsame Grundlage der beiden Aufgaben sinnvoll ist, wäre zu überprüfen, da die beiden Aufgaben möglicherweise nicht unabhängig voneinander beantwortet werden. Alternativ zur Weismann-Aufgabe, welche die Auswahl der fachlich korrekten Antwort aus unangemessenen Gründen fördert, könnte die Vererbung dunkler Hautfarbe, wie sie Lawson & Thompson (1988) empfehlen, eingesetzt werden (langsame Veränderung). Durch den Schutz vor der Sonneneinstrahlung wäre dabei auch die Antwort zur Vererbung bei Vorteilen in einen logischen Kontext eingebettet. Eine genaue Konstruktvalidität wäre jedoch zu ermitteln. Anzumerken ist, dass in dem Aufgabenkontext von Lawson & Thompson (1988) (gebräunte Haut) ähnlich wie in der Geparden-Aufgabe eine Eigenschaft thematisiert wird, die (durch Aufhalten in der Sonne) flexibel erlangt werden kann und somit eine Vererbung aus Sicht der Schüler überflüssig erscheinen könnte.*

*Zur Diagnose sollte in jedem Fall ein zweistufiges Format genutzt werden, wodurch die häufige Auswahl der richtigen Antwort begründet werden muss (Kap. 6.2). Missverständliche Wörter sollten erklärt werden (Generation). Zusätzlich wäre die Ermittlung des Verständnisses von „Vererbung“ als offene Aufgabe hilfreich, da über diese Definition zusätzlich der Grad eines fachlich angemessenen Verständnisses erfasst werden kann.*

Aufgabe in veränderter Form:

**Ende des 19. Jahrhunderts führte der Wissenschaftler August Weismann folgendes Experiment durch: Er schnitt Mäusen die Schwänze ab, um festzustellen, welche Auswirkungen dies auf die Nachkommen haben würde. Wie haben die Nachkommen dieser Mäuse ausgesehen?**

- a. Das Abschneiden hatte keinen Einfluss auf die Schwanzlänge der Nachkommen.
- b. Die direkten Nachkommen dieser Mäuse hatten keinen Schwanz mehr.
- c. Die Nachkommen der Mäuse hatten nach mehreren Generationen keinen Schwanz mehr.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

Weitere Aufgabe, die den Aspekt der Vorteile einbezieht:

**Angenommen der Wissenschaftler lässt die Mäuse in einem Waldgebiet frei, in welchem viele Schleiereulen leben, die sich von Mäusen ernähren. Die Schleiereulen fangen Mäuse am Schwanz. Wie würden die Nachkommen der Mäuse aussehen?** (vgl. Johannsen & Krüger 2005)

- a. Die direkten Nachkommen der Mäuse hätten einen kurzen Schwanz, weil dieser das Überleben sichert.
- b. Die Nachkommen der Mäuse hätten nach mehreren Generationen einen kurzen Schwanz.
- c. Die Nachkommen der Mäuse hätten einen langen Schwanz, wie ihre Vorfahren.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

Definition „Generation“: Eine Altersgruppe verwandter oder nicht verwandter Lebewesen.

### 6.1.3 Beantwortung der Fragestellung für die Enten-Aufgabe

Der Kontext „Entstehung der Schwimmhäute bei Enten“ wurde in mehreren Studien in ähnlicher Form als offene oder geschlossene Aufgabe zur Ermittlung von Schülervorstellungen eingesetzt (Bishop & Anderson 1990, Baalman et al. 2004, Wallin 2008, Hagman et al. 2003, Jensen & Finley 1995, Demastes et al. 1996, Lammert 2012, Fenner 2013).

In der Enten-Aufgabe tritt übergeordnet die Anpassungs-Notwendigkeit in den Vordergrund, obwohl kein Auslöser für die Entstehung der Schwimmhäute genannt wird (vgl. Demastes et al. 1996, Baalman et al. 2004). Die Schüler generieren jedoch in einigen Fällen selbst einen Auslöser (vgl. Geparden-Aufgabe), überwiegend nennen sie dabei Umweltveränderungen (z.B. Umweltkatastrophe als Auslöser), welche die Enten (Vorfahren der Enten) dazu veranlassten sich im Wasser aufzuhalten (vgl. Demastes et al. 1996). Anpassung wurde auch bei Deadman & Kelly (1978) bei vielen Schülern auf Veränderungen der Umwelt zurückgeführt.

#### Automatische Anpassung als Antwortoption

Der Umwelteinfluss spielt bei der Bewertung von Antwort A (automatische Anpassung) eine wesentliche Rolle. Die Schüler vereinen dabei den Umwelteinfluss durch das Aufhalten im Wasser mit einer automatischen Anpassung. Die „automatische Anpassung“ wird jedoch selten erwähnt. Das hängt teilweise mit der Gleichsetzung der Aspekte zusammen. Wescott & Cunningham (2005) und Cunningham & Wescott (2009) stellten über rangskalierte Aufgaben fest, dass die meisten Schüler davon ausgehen, dass Schwimmhäute auch wieder verschwinden, wenn die Enten sich an Land aufhalten. Dabei wird die Annahme einer automatischen Anpassung in Abhängigkeit der Umweltbedingungen deutlich. *Um diese Antwort gemäß den Vorstellungen der Schüler zu verändern, sollte die automatische Anpassung durch kontextbezogene Aspekte ersetzt werden. Dabei entstehen durch das permanente Aufhalten im Wasser die Schwimmhäute.* Die Anpassung in dieser Aufgabe wird zudem als gradueller Prozess verstanden, bei welchem sich die Schwimmhäute nach und nach herausbilden. Das kann individuell oder über Generationen passieren. In Verbindung mit dem Faktor Zeit ist in dieser Aufgabe das häufige Aufhalten im Wasser (vgl. häufiger Gebrauch der Muskeln in der Geparden-Aufgabe) der Mechanismus für die Veränderung. Dadurch wird der Prozess erklärbar. Anders als in der Geparden-Aufgabe wird dabei keine Verknüpfung mit alterna-

tiven Antworten vorgenommen. Jedoch stimmen alle Schüler, die auch die Anpassung durch den Umwelteinfluss (Vorstellung zum Vorgang) befürworten, der Anpassungs-Erkenntnis (Antwort C, Vorstellungen zur Voraussetzung) zu. Diese Fähigkeit wird entweder den Individuen oder der Natur zugesprochen. Andere wiederum nennen keinen bestimmten Akteur. Eine Erklärung dafür kann sein, dass auch die Zeit selbst zum Akteur werden und für die Veränderung verantwortlich sein kann, wie Weitzel (2006, S. 99) es in seiner kognitionslinguistischen Analyse zur Anpassung beschreibt. Vergleichbar mit der Geparden-Aufgabe lehnen auch in dieser Aufgabe viele Schüler die eigenständige Anpassung der Individuen ab. Die Parallelität von Vorstellungen zu Voraussetzungen und Prozessen, wie diese genauer im Zusammenhang der Diskussion der Geparden-Aufgabe beschrieben werden, ist somit auch in dieser Aufgabe gegeben (vgl. Geparden-Aufgabe, Kap. 6.1.1).

### Fachlich korrekte Antwort

In Antwort B entstehen die Schwimmhäute durch zufällige Mutationen (genetische Veränderungen). Individuen mit diesen Merkmalen konnten sich dann besser vermehren. Die Schüler greifen in dieser Antwortoption primär die Zufälligkeit auf, die sie ablehnen, da diese Vorstellung mit der Zielgerichtetheit der Anpassung nicht zusammenpasst. Auch Deadman & Kelly (1978) und Pazza et al. (2010) finden Schwierigkeiten im Verständnis evolutionärer Prozesse primär in der Funktion der Zufälligkeit. Elena versteht die Zufälligkeit als spontane Veränderung, die mit ihrer Vorstellung von einer Anpassung über die Zeit nicht vereinbar ist (vgl. Kap. 5.9.2). Der Faktor Zeit ist dabei wichtig. Die genetische Veränderung tritt hinter der Bedeutung der Zufälligkeit zurück. Ob eine genetische Veränderung plausibel erscheint, wird dabei nicht erwähnt. Ein zweiter wesentlicher Aspekt aus fachlicher Sicht ist die Vermehrung. Einige Schüler verbinden die Entstehung der Schwimmhäute dabei direkt mit der Vermehrung und können darin keinen sinnvollen Zusammenhang erkennen (Kap. 6.2). Da in dieser Antwort fachlich korrekte Vorstellungen abgelehnt werden, und die Schüler Fehlvorstellungen als Gründe nennen, ist die Aufgabenbewertung aus Sicht des Aufgabenkonstruktors angemessen.

### Anthropomorphe Antwortoption

Anders als in der Geparden-Aufgabe wird in diesem Kontext in einer Antwortoption sowohl die Erkenntnis der Enten einer notwendigen Veränderung als auch die eigenständige Anpassung der Individuen angesprochen. Die Schüler bewerten diese beiden Aspekte (vergleichbar mit der Geparden-Aufgabe) unterschiedlich. Während die meis-



ten Schüler den Enten die Fähigkeit zur Erkenntnis zutrauen (vgl. Baalman et al. 2004), lehnen sie ab, dass Enten sich eigenständig verändern können. *Wie auch im Zusammenhang der Geparden-Aufgabe empfiehlt es sich in dieser Aufgabe, die beiden anthropomorphen Vorstellungskomponenten separat als Antwortmöglichkeiten zu formulieren, da die Zustimmung zu einem der Aspekte nicht auch gleichzeitig die Zustimmung zum anderen bedingt. Bei Einbezug von Vorstellungen zu Voraussetzungen und Vorgängen ist wie bei der Geparden-Aufgabe ein Aufgabenformat zu wählen, das mehrere Antworten zulässt (Kap. 6.1.1).*

### Natur als Akteur gezielter Anpassung

Die Natur als Akteur der Entstehung der Schwimmhäute (Antwort D) wird von den meisten Schülern nicht als wesentlicher Aspekt der Antwort erfasst. Die Schüler gehen vielmehr auf die zugrunde liegende finale Vorstellung ein. Zwei der Interviewpartner erwähnen, dass die Anpassung nicht notwendig ist, bzw. bemängeln dabei einen konkreten Auslöser der Entstehung der Schwimmhäute ausgehend vom angepassten Zustand an Land. Diesen Schülern erscheint die Anpassung durch die Natur unnötig, wobei die gezielte Anpassung im Vordergrund steht und nicht die Natur als ausführende Instanz. Durch die mangelnde Anpassungs-Notwendigkeit wird in diesem Kontext somit die Ermittlung der Vorstellung eines bestimmten Akteurs der gezielten Anpassung erschwert. *Ein Auslöser, wie eine Umweltkatastrophe, könnte als Auslöser eingebunden werden.* Lediglich in einem Fall wird direkt Bezug zur Natur als Akteur der gezielten Anpassung genommen.

### Veränderung der Aufgabe

*Die automatische Anpassung kann durch die verbreitete Schülervorstellung der Anpassung durch häufigen Umwelteinfluss ersetzt werden. Oft werden diese Vorstellungen gleichgesetzt, die alternative Beschreibung (häufiger Umwelteinfluss) ist jedoch konkreter. Die anthropomorphe Antwortoption sollte wie in der Geparden-Aufgabe in Voraussetzungen und eigenständige Handlung (Vorgang) unterteilt werden und das Aufgabenformat entsprechend angepasst werden (vgl. Geparden-Aufgabe, Kap. 6.1.1). Für die Überprüfung von Akteuren der gezielten Anpassung sollte ein konkreter Auslöser in den Kontext eingebunden werden, weil sonst die Konzentration auf dem Kontext des Itemstamms liegt und nicht auf den wesentlichen Aspekten in der Antwortoption. Die Schüler machen die Zustimmung oder Ablehnung dann davon abhängig, ob die Veränderung notwendig ist oder nicht und beziehen sich nicht auf den Auslöser. Um den*

*Schwerpunkt auf dem Akteur deutlicher zu machen, wäre die Hervorhebung der „Natur als Akteur“ durch Unterstreichen sinnvoll (Kap. 6.2).*

Aufgabe in veränderter Form:

Bitte wähle eine oder mehrere Antworten aus:

**Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute mit denen sie schnell schwimmen können. Ihre Vorfahren sind Landvögel, die keine Schwimmhäute hatten. Durch eine Umweltkatastrophe wurde der Lebensraum an Land stark eingeschränkt. Wie lässt sich die Entstehung der Schwimmhäute in der Entwicklung vom Land- zum Wasservogel erklären?**

- a. Die Füße der Vorfahren haben sich durch das häufige Aufhalten im Wasser an die Fortbewegung im Wasser angepasst.
- b. Die Schwimmhäute entstanden durch zufällige genetische Veränderungen. Vorfahren der Enten mit dieser Veränderung haben sich besser vermehrt.
- c. Die Vorfahren der Enten haben gemerkt, dass sie ohne Schwimmhäute nicht gut schwimmen können.
- d. Die Vorfahren der Enten haben sich an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit sie sich besser bewegen können.
- e. Die Natur hat die Vorfahren der Enten an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit diese sich besser bewegen können.

Bitte begründe die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten so genau wie möglich:

---

Zwar hat sich gezeigt, dass oftmals die Nebensätze (z.B.: ...damit diese sich besser bewegen können) im Fokus stehen, da die richtige Antwort jedoch nicht gekürzt werden kann und die Antworten möglichst eine einheitliche Länge haben sollten, kommt dieser Zusatzinformation auch die Funktion der Angleichung des Antwortumfangs zu. Durch Unterstreichung der wesentlichen Aspekte soll die Ablenkung minimiert werden.

### 6.1.4 Beantwortung der Fragestellung für die Wildpferde-Aufgabe

In der Wildpferde-Aufgabe (vgl. Fischer & Graf 2012) zur Ermittlung von Vorstellungen zu genetischen Veränderungen (Mutationen) wurde die Vorstellung der Andersartigkeit als Auswirkung genetischer Veränderungen deutlich. Darin zeigt sich bereits eine Abgrenzung von der Norm (vgl. Schwanewedel 2011, S. 191). Ähnlich ist die auf den sozialen Bereich bezogene Vorstellung des Individuums als Außenseiter bei Eintreten einer genetischen Veränderung, die hier festgestellt wurde. Zabel (2009) konnte diese Vorstellung (von ihm als Erzählschema eingeordnet) im Rahmen von Erklärungen zur Walevolution finden. Der Außenseiter ist dabei durch abweichende Merkmale sozial benachteiligt. Dies ist vergleichbar mit den Ergebnissen in der vorliegenden Arbeit. Der narrative Text eines Schülers (7. Klasse), den Zabel analysiert hat, endet damit, dass die nachteiligen Merkmale bei Umweltveränderungen eine bessere Angepasstheit darstellen (S. 227). Von der Norm abweichende Merkmale werden dabei sowohl aus vorteiliger als auch aus nachteiliger Perspektive betrachtet. Soziale Vorteile ergeben sich in der Wildpferde-Aufgabe aus Sicht der Schüler nur durch besondere Fürsorge, die auf Grund der körperlichen Benachteiligung ausgeführt wird. In der Vorstudie wurde zudem die Möglichkeit der Anpassung in den „normalen“ Zustand als Vorteil genannt, bei welchem die Schüler die Anpassung, wie auch die Fürsorge (Interviews), als sekundäre Konsequenz einordneten, die auf eine körperliche Benachteiligung folgt (Kap. 5.1.3.3). Sozialen Vorteilen liegen somit körperliche Nachteile zugrunde. Werden Vorteile in den entsprechenden Antworten ausgewählt, ist unklar, welche Form von Vorteilen angenommen wird. *Eine allgemein gehaltene Antwortformulierung (Vorteile, Nachteile), wie sie in dieser Aufgabe gegeben ist, kann diese Unterschiede nicht deutlich machen und sollte soziale und körperliche Auswirkungen getrennt aufführen.* Wichtig ist dies, um ermitteln zu können, ob jemand grundsätzlich von negativen oder auch von vorteilhaften körperlichen Veränderungen ausgeht. Der Einbezug sozialer Vor- und Nachteile scheint mit der Zuordnung der Beispielorganismen in „sozial lebend“ oder „solitär lebend“ zusammenzuhängen. Herdentiere werden möglicherweise eher als abhängig von Artgenossen eingeschätzt, als Einzelgänger. Auch der Bezug zur eigenen sozialen Erfahrungswelt, beispielsweise im Schulkontext, wird als Bewertungsgrundlage herangezogen (Kap. 5.5.5.2). Alternativ zum Kontext kann eine Tierart als Kontext überprüft

werden, die nicht im Gruppenverband lebt. Für einige Schüler war in diesem Kontext zudem die Unterscheidung von Hausferd und Wildform entscheidend (Kap. 5.5.2.2). Nachteile wurden unter Domestikationsbedingungen als weniger schwerwiegend empfunden. *Um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen, wären beispielsweise Zebras besser geeignet (Kap. 5.1.3.3).* Im Rahmen kontextbezogener sozialer Nachteile wird auch die Option des frühzeitigen Todes als Beuteopfer genannt (Antwort B, gesundheitliche Nachteile und frühzeitiger Tod). *Da die Vorstellung frühzeitig zum Beuteopfer zu werden, grundlegend eine körperliche Benachteiligung voraussetzt, kann die allgemeinere Formulierung, wie sie in der Antwortformulierung enthalten ist, mit den Aspekten „gesundheitliche Nachteile“ und „frühzeitiger Tod“ beibehalten werden.*

Insgesamt überwiegt die negative Konnotation einer genetischen Veränderung (vgl. Frerichs 1999, Schwanewedel 2011, S. 190), auch wenn die meisten Schüler sich für eine der Antworten entscheiden, in denen Nachteile und Vorteile genannt werden. Schwanewedel (2011, S. 194) stellte fest, dass neutrale oder positive genetische Veränderungen (bei Menschen) nicht angenommen werden. Zwar generieren die Schüler in dieser Arbeit auch eine Erklärung für Vorteile, dies jedoch meist erst auf Nachfrage. Andere Schüler erwähnen Vorteile nur im Nebensatz und konzentrieren sich auf Nachteile.

Dass die Schüler sich trotz des Schwerpunkts auf den Nachteilen primär für die Antworten A oder D entscheiden, kann mit der unspezifischen Formulierung (Vor-, Nachteile) im Vergleich zu den gesundheitlichen Vor- und Nachteilen in der Antwort B zusammenhängen. Die Schüler sind sich nicht sicher, ob es explizit „gesundheitliche“ Nachteile sind. Das wird darauf zurückgeführt, dass mehrere Schüler zwischen gesundheitlichen und körperlichen Auswirkungen unterscheiden. In den Antworten A und D können beide Möglichkeiten einbezogen werden. Zudem müssen sich die Schüler nicht auf Vor- oder Nachteile festlegen. In der Vorstudie bemängelten mehrere Schüler die fehlende Möglichkeit, sich für Vor- oder Nachteile entscheiden zu können (Kap. 5.1.3.3). Der Einbezug dieser Antwortoption durch die Erkenntnisse in der Vorstudie hat sich dabei als sinnvoll erwiesen. *Jedoch wäre zu empfehlen, dass die Schüler die Wahrscheinlichkeit einer negativen oder positiven Auswirkung angeben müssen, damit deutlich wird, dass/ob die meisten Schüler negative Auswirkungen für wahrscheinlicher halten. Die allgemeine Antwortformulierung „Vor-oder Nachteile“ lässt aus oben genannten Gründen keine genaue Vorstellungsermittlung zu.*

Genetische Veränderungen werden auch mit guten oder schlechten Genen gleichgesetzt (Kap. 5.5.1.2, Kap. 5.5.4.2), wobei Vor- oder Nachteile dann an gute oder schlechte Gene gekoppelt sind (vgl. Schwanewedel 2011, S. 185). Zabel (2009, S. 268) fand vergleichbar dazu das Konzept „Gute Gene sichern die Angepasstheit“. „Gute Gene“ sind zudem aus dem Alltag sprichwörtlich mit körperlichen Vorteilen verknüpft, weshalb diese Ausdrucksweise lebensweltlichen Ursprungs sein kann. Genetische Veränderungen werden in dieser Arbeit oftmals als die Anpassungen beschrieben, die sich die Schüler in den vorgegebenen Kontexten vorstellen. Beispielsweise sind genetische Veränderungen körperliche Veränderungen (s. Buchfinken-Aufgabe, Kap. 5.7.5.5). In den Schülerkonzepten (Gute/schlechte Gene, genetische Veränderungen als körperliche Veränderung) wird die Gleichsetzung von Genotyp und Phänotyp deutlich, vergleichbar mit dem in anderen Studien ermittelten Konzept „ein Gen entspricht einem Merkmal“ (Venville & Treagust 1998, Frerichs 1999, Lewis & Kattmann 2004, Venville et al. 2005, Elrod 2007, Groß 2007, S. 137). Es zeigt sich, dass die Schüler nur Veränderungen auf phänotypischer Ebene nennen können, nicht aber in der Lage sind, auf abstrakterer genetischer Ebene zu argumentieren. Kattmann (2008, S. 15) fasst zusammen, dass Gene von Schülern, vergleichbar mit den Auswirkungen genetischer Veränderungen, als krankhaft oder defekt beschrieben werden (vgl. Schwanewedel 2011, S. 188). Dabei werden Genen Eigenschaften zugeschrieben, die sie nicht haben, sondern die Eigenschaften, mit denen sie im Zusammenhang stehen (vgl. Martins & Ogborn 1997, Venville et al. 2005). Wenige Schüler gingen davon aus, dass genetische Veränderungen keine Auswirkungen haben (Antwort A, richtige Antwort, Kap. 5.5.5.5). Die Gleichsetzung von Genotyp und Phänotyp wird jedoch beibehalten, weil die Auswirkungen in dem Fall als unwesentlich beschrieben werden oder als unwesentliche soziale Benachteiligung. Vorstellungen in dieser Aufgabe, auch wenn sie mehrere Auswirkungen oder „keine“ einbeziehen, sind somit auf einer oberflächlichen Verständnisebene angesiedelt und verbunden mit häufig gefundenen Fehlvorstellungen.

### Veränderung der Aufgabe

*Grundsätzlich könnte die Veränderung des Kontextes von Wildpferd in z.B. Zebra eine Vermischung mit den Vorstellungen zu Hauspferden und Wildpferden vermeiden, auch wenn nicht alle Schüler diese Verknüpfung herstellen. Da einige Schüler körperliche und gesundheitliche Nachteile unterscheiden, wie die Interviewanalyse gezeigt hat (z.B. Husten und ein fehlendes Bein), könnte die Antwortoption, in welcher nur gesundheitliche Nachteile thematisiert werden, für diese Schüler ungeeignet sein. Die Antworten*

sollten daher keine körperliche oder gesundheitliche Vorgabe für Nachteile enthalten. Diese zu unterscheiden, wäre aus didaktischer Sicht nicht wichtig. Soziale Nachteile sollten jedoch von körperlichen unterschieden werden, weil soziale Vorteile oftmals mit körperlichen Nachteilen verbunden sind. Um zu vermeiden, dass Schüler Vorteile (soziale Vorteile) befürworten, wenn sie eigentlich von negativen Veränderungen für das Individuum ausgehen, soll durch das Eliminieren der sozialen Aspekte (z.B. Nachteile gegenüber den Anderen) die Aufmerksamkeit auf das Individuum gelenkt werden. Sinnvoll wäre eine weitere Antwortoption, in welcher die Nachteile wahrscheinlicher sind, sodass Schüler, die sowohl Vor- und auch Nachteile in Betracht ziehen, von denen unterschieden werden können, die Nachteile bevorzugen. Dass diese Vorstellung verbreitet ist, thematisierten Mahadeva & Randerson (1982) in ihrer fachlichen Klärung. Nicht alle Schüler verstehen „Auswirkungen“, als wesentlichen Aspekt der richtigen Antwort, im Sinne des Aufgabenkonstruktors. Um dies zu verhindern, könnten in der veränderten richtigen Antwortoption genetische Veränderungen „Vor- oder Nachteile, oder keins von beidem“ bewirken. Durch die Begründung sollen feinerestellungsaspekte ermittelt werden, die nicht in den Antwortoptionen genannt werden können.

Aufgabe in veränderter Form:

**In einer Herde von Zebras wird ein Fohlen mit einer Veränderung in den Genen geboren. Welche Auswirkungen wird diese Veränderung im Leben des Fohlens haben?**

- a. Die genetische Veränderung könnte Vor- oder Nachteile ergeben, oder keins von beidem.
- b. Das Fohlen wird Nachteile durch die genetische Veränderung haben und früher sterben.
- c. Das Fohlen kann entweder Vorteile oder Nachteile durch die genetische Veränderung haben.
- d. Das Fohlen wird wahrscheinlich eher Nachteile als Vorteile durch die genetische Veränderung haben.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

### 6.1.5 Beantwortung der Fragestellung für die Augenfarben-Aufgabe

Im Rahmen der Augenfarben-Aufgabe sollen Vorstellungen zum Auftreten von Merkmalen bei Nachkommen überprüft werden. Dabei soll die weit verbreitete Vorstellung der Merkmalskonstanz im Rahmen polygenetischer Vererbung ermittelt werden, die im Widerspruch mit der Vorstellung gezielter Veränderungen von Eigenschaften steht (Kap. 2.5). Kargbo et al. (1980) nutzten vergleichbar den Kontext Körpergröße, Chin & Teou (2010) ermittelten Vorstellungen dazu in einem Concept Cartoon über Augen, Haare und Ohrenform.

#### Intermediäre Augenfarbe

In der Vorstudie wurde die Körpergröße als Kontext eingesetzt (vgl. Kargbo et al. 1980, Reiss 1987). Durch die Expertenvalidierung und die Beratung von Fachwissenschaftlern wurde dieses Beispiel jedoch verworfen, da wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass die Körpergröße überwiegend intermediär vererbt wird. Das hätte zu Diskrepanzen mit dem Distraktor „genau zwischen den Eltern“ (Antwort B) geführt (vgl. Chin & Teou 2010). Eine klare Unterscheidung zur fachlich angemessenen Antwort wäre dann nicht möglich gewesen. Die Antwortwahl der Schüler hat jedoch für den Kontext Augenfarbe gezeigt, dass diese Vorstellung nicht bevorzugt wird. Vielmehr wird sie mit einer Merkmalsmischung mit ungleichen Anteilen der Elternteile verbunden. Die in der Antwort vorgesehene Vorstellung kann dadurch nicht hinreichend ermittelt werden. *Auf Grund der Gleichsetzung erscheint es sinnvoll, stattdessen die von den Schülern genannte Vorstellungsvariante in einen Distraktor umzusetzen.*

#### Augenfarbe von einem Vorfahren

In der Bewertung von Antwort A (Augenfarbe eines der Elternteile oder der Großeltern) wird deutlich, dass primär die Eltern als „Geber“ der Augenfarbe im Vordergrund stehen und nicht die Großeltern. Diese Vorstellung war auch in der freien Antwort häufig vertreten. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass die Eltern explizit in dem Itemstamm angesprochen werden und erneut in einigen Antwortoptionen. Olsen et al. (2001) beschreiben diese Konzeption als potentielle kognitive Falle, da Schüler in dieser Übereinstimmung die richtige Antwort vermuten könnten (vgl. Frary 1995). Andererseits wird generell überwiegend von einer Vererbung der Merkmale der Eltern ausgegangen

(vgl. Hackling & Treagust 1982). Das zeigt sich in den verschiedenen Vorstellungsvarianten, die in anderen Studien ermittelt wurden: „Mischung elterlicher Merkmale“ (vgl. Kargbo et al. 1980, Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, Frerichs 1999, Zabel 2009, S. 268, Groß 2007, S. 137, Tsai & Chou 2010), „Primat gleichgeschlechtlicher Merkmalsanteile“ (vgl. Kargbo et al. 1980, Engel Clough & Wood-Robinson 1985b) und „Augenfarbe einer der Elternteile“<sup>10</sup> (vgl. Tsai & Chou 2010). Dass die Augenfarbe in dieser Antwort nur von einem der Vorfahren stammt, wird nicht in allen Fällen beachtet. Einige Schüler vereinen auch ihre Vorstellung von Merkmalsanteilen beider Eltern (vgl. Antwort B) mit dieser Antwort, da beide in den Inhalten genannt werden. *Um das klarer herauszustellen, könnte die Begrenzung auf einen der Vorfahren deutlicher formuliert werden. Jedoch sollte vermieden werden, Wörter zu nutzen, welche die Einschränkung unterstreichen, wie „immer“, „nie“ oder „nur“, da Schüler diese Antworten als Distraktoren identifizieren (Kehoe 1995, Haladyna et al. 2002, Moreno et al. 2006). Durch die Veränderung der Antwort B, wird die Vorstellung der Merkmalsanteile beider Eltern (zu gleichen/ungleichen Anteilen) mit dieser Antwort passender abgedeckt. Schüler mit dieser Vorstellung werden voraussichtlich diese Antwort auswählen. Aus diesen Gründen wird die Antwort A nicht verändert.*

### Fachlich korrekte Antwort

Wird dieser Antwort zugestimmt, dann, weil die Schüler eine von den Eltern abweichende Augenfarbe auf andere Vorfahren als die Eltern und Großeltern zurückführen. Die „andere“ Augenfarbe hat dann Generationen übersprungen und zeigt sich erst wieder bei dem Sohn (Verdeckte Vererbung, Frerichs 1999, S. 194, Lewis & Kattmann 2004, Chin & Teou 2010). Bei Zustimmung der Antwort wird dadurch die Vorstellung der Merkmalskonstanz (Frerichs 1999) vertreten, da die neue Augenfarbe auf eine bereits in der Ahnenfolge aufgetretene Merkmalsausprägung bezogen wird. Die richtige Antwort erfasst somit nicht die fachlich angemessene Vorstellung, sondern eine weitere Variante der Merkmalskonstanz. In den Begründungen der Schüler wird deutlich, dass sie von den Eltern abweichende Merkmale weder auf Rekombination noch auf Mutationen zurückführen (z.B. Pazza et al. 2010, Settlage 1994). Beide Mechanismen stellen große Herausforderungen für Lernende dar. Da abstrakte molekulare Ebenen nicht lebensweltlich erfahren werden können, ist zu erwarten, dass wenige Schüler vorunter-

---

<sup>10</sup> Die Vorstellungen werden hier nach den in dieser Arbeit formulierten Konzepten benannt.



richtlich eine fachlich angemessene Vorstellung haben. Diese Antwort wird dennoch von Schülern gewählt, aber aus unangemessenen Gründen.

### Gleichgeschlechtliche Vererbung

In Antwort C wird die Vererbung gleichgeschlechtlicher Merkmale (Merkmale des Vaters) von den Schülern leicht umgewandelt. Sie gehen nicht von einer strikten Vererbung der Augenfarbe des Vaters aus, sondern von dem überwiegenden Einfluss der Augenfarbe des Vaters auf die des Sohnes. Dabei werden geringere Anteile der Mutter nicht ausgeschlossen. Diese abgewandelte Variante können sie mit der Antwort vereinen. *Da diese Vorstellung bei den Schülern überwiegt und auch in anderen Studien ermittelt wurde (vgl. Kargbo et al. 1980, Engel Clough & Wood-Robinson 1985b), sollte diese Schülervorstellungen die ursprüngliche ersetzen.*

### Veränderung der Aufgabe

*Das Konzept in Antwort B, „exakte Merkmalsmischung der Eltern“, wird in „Merkmalsmischung zu gleichen/ungleichen Anteilen“ umgeändert. Die häufig genannte Vorstellung hat dann eine bessere Übereinstimmung mit den Antwortvorgaben und wird nicht mehr mit Antwort A (genau eine der Augenfarben) verknüpft. Antwort C (Vererbung gleichgeschlechtlicher Merkmale) wird durch die Vorstellungsvariante „Primat gleichgeschlechtlicher Vererbung“ ersetzt. Eine Umformulierung ist auch für die fachlich angemessene Antwort nötig. Der Sohn hat dann eine „Augenfarbe, die keiner der Vorfahren gehabt hat“, sodass die Merkmalskonstanz (Fehlvorstellung) in dieser Antwort ausgeschlossen wird.*

Aufgabe in veränderter Form:

**Eine schwangere Frau und ihr Mann erwarten einen Sohn. Sie überlegen, welche Augenfarbe ihr Sohn haben könnte, wenn er erwachsen ist. Der Mann hat blaue Augen und die Frau braune Augen. Welcher Antwort stimmst Du zu?**

- a. Er wird entweder die Augenfarbe der Mutter haben, die des Vaters oder einer der Großeltern.
- b. Er wird eine Mischung der Augenfarben der Eltern haben, eine kann stärker ausgeprägt sein.
- c. Er wird überwiegend die Augenfarbe des Vaters haben, da Söhne mehr von den Vätern erben.
- d. Es sind verschiedene Augenfarben möglich, er könnte auch eine Augenfarbe haben, die keiner der Vorfahren hatte.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

### **6.1.6 Beantwortung der Fragestellung für die Buchfinken-Aufgabe**

In der Buchfinken-Aufgabe, in welcher Vorstellungen zur Selektion ermittelt werden sollten, wird eine kontextabhängige Bewertung deutlich. Inhaltlich diskutieren die Schüler andere Schwerpunkte, als sie aus Autorensicht überprüft werden sollen. Aufgaben, die solche konstrukt-irrelevanten Merkmalen enthalten, stimmen nicht im Verständnis von Aufgabenkonstrukteur und Testnehmer überein (Leighton & Gokiert 2005).

Viele Schüler gehen auf Grund der Beschreibung im Itemstamm davon aus, dass die Zeitangabe „in einem Sommer“ gleichzeitig auch eine Begrenzung auf einen Sommer ist. Die Antworten A (gezielte genetische Veränderungen) und B (Veränderungen über Generationen) stehen dann aus Sicht vieler Schüler in einem Konflikt mit den Inhalten im Itemstamm. Die Veränderungen über Generationen (Antwort B) und die genetischen Veränderungen (Antwort A) dauern für einige Schüler länger als die Zeitspanne eines

Sommers (vgl. Brumby 1979). Dem Faktor Zeit kommt in dieser Aufgabe somit eine besondere Rolle zu. Schüler nehmen generell an, dass eine evolutionäre Veränderung lange dauert (vgl. Brumby 1979, 1984, Baalman et al. 2004). Insbesondere, wenn sie davon ausgehen, dass Eigenschaften intensiv verändert werden müssen, um „angepasst“ zu sein, ist der Faktor Zeit entscheidend (Weitzel 2006, S. 100). Die Anpassung wird von den Schülern zudem als nicht lohnenswert eingeschätzt, wenn die Nahrungsnot wie in diesem Kontext nur einen Sommer andauert. Dies hängt wiederum mit der Vorstellung der Dringlichkeit der Anpassung zusammen (vgl. Engel Clough & Wood-Robinson 1985b, Engel Clough & Driver 1986). Die Nahrungsnot „in einem Sommer“ ist somit ein Schlüsselaspekt für die Beantwortung (Kategorie kontextabhängige Bewertung). Da die kontextuelle Diskrepanz bei der Bewertung im Vordergrund steht, werden die Vorstellungen zu den wesentlichen Aspekten aus Autorensicht über die Antworten nicht erfasst. Die Aufgabe beinhaltet damit eine Doppeldeutigkeit, da viele Schüler andere Schwerpunkte setzen. *Die Abhängigkeit der Beantwortung von diesem Schlüsselaspekt sollte durch eine Änderung des Aufgabenstamms verhindert werden.*

Andere Schwerpunkte zeigten sich auch in weiteren Begründungen. So wird in Antwort A die Möglichkeit der Angepasstheit an die Nahrungsknappheit bewertet, nicht aber der Mechanismus in Form einer genetischen Veränderung. Die Bewertung der gezielten genetischen Veränderung bleibt dabei unbeachtet oder hat keine wesentliche Funktion. Auch Moss & Abrams (1999, in Johnston & Southerland 2000) stellten fest, dass viele Schüler als Erklärungen für „Veränderungen“ oftmals direkt den Zielzustand angeben, ohne dabei auf das „wie“ oder „warum“ einzugehen. Hingegen berücksichtigen die Schüler in der Geparden-Aufgabe den Prozess (Kap. 6.1.1). In der Geparden-Aufgabe (Kap. 5.3) ist der Zielzustand im Kontext jedoch schon vorgegeben, sodass dies ein entscheidendes Aufgabenmerkmal sein könnte. *Um dies zu verhindern, sollten die Schwerpunkte aus Autorensicht unterstrichen werden (Kap. 6.2).*

In der freien Beantwortung (und in der Vorstudie, Kap. 5.1.3.6) wurde mehrfach das Suchen alternativer Nahrungsquellen oder anderer Lebensräume genannt (vgl. Engel Clough & Wood-Robinson 1985a, Baalman et al. 2004, Zabel 2009). Diese Vorstellung muss nicht unbedingt falsch sein, weil Vögel durchaus den Ort verlassen oder andere Nahrung verwerten können. Battisti et al. (2010) stellten in ihrer Untersuchung des Finken-Items aus dem CINS (Galapagos-Finken, Anderson et al. 2002) und einer vergleichbaren Aufgabe über die Distraktorenanalyse (IRT) fest, dass diese Vorstellung, nach der richtigen Antwort, am wahrscheinlichsten von Lernenden höher Leistungs-

higkeit ausgewählt wird. Zudem besteht eine hohe Kontextabhängigkeit aus wissenschaftlicher Sicht. Je nachdem, ob es sich um Nahrungsspezialisten oder Generalisten handelt, die sowohl intra- als auch interspezifisch vorkommen (Julliard et al. 2006). *Diese Vorstellung als Distraktor einzusetzen, ist daher kritisch zu betrachten und wird hier vermieden.*

### Fachlich korrekte Antwort

Wie auch für die Geparden-Aufgabe ermittelt, erscheint einigen Schülern in der fachlich korrekten Antwort die Variation von Individuen plausibel, ein wissenschaftlich angemessenes Variationsverständnis verbirgt sich dahinter jedoch nicht (vgl. Halldén 1988). Die Schüler beziehen sich dabei auf Unterschiede, die sie aus dem Alltag kennen. Ihnen ist bekannt, dass Lebewesen in Abhängigkeit des Alters und der Körpergröße (vgl. Zabel 2009, S. 267) (wie auch in den Interviews der vorliegenden Arbeit genannt) oder des Geschlechts verschieden viel Nahrung zu sich nehmen. Die auf Alltagserfahrung beruhende Zustimmung zum Variationsaspekt wird an dieser Stelle situativ vertreten, in anderen Zusammenhängen werden dann jedoch wieder „typologisch einheitliche“ Sichtweisen deutlich. Dass solche, die mehr Nahrung brauchen, bei Nahrungsknappheit dann auch früher sterben könnten, führt zu einer Zustimmung des Selektionsaspektes. Letztlich wird dabei aber nicht die Bedeutung der Variation und der natürlichen Selektion im evolutionären Sinne vertreten. Auf Grund der Alltagserfahrungen, welche besonders in bestimmten Kontexten die Zustimmung zur fachlich angemessenen Antwort begünstigen, entscheiden sich Lernende somit für die richtige Antwort, obwohl sie keine darwinische Vorstellung von natürlicher Selektion haben (Kap. 6.2). Einige Schüler beziehen auch die „Stärkeren“ mit ein (vgl. Halldén 1988, Deadman & Kelly 1978), die eigentlich alternativ in einer anderen Antwort zur Auswahl stehen. Stärkere und Schwächere werden dabei auch mit Variation in Verbindung gebracht und die beiden Antwortoptionen (C und D) vermischt (vgl. Schoultz et al. 2001). Dies zeigt sich dann auch in der Ablehnung des Fortpflanzungsvorteils, zu dem im Alltag kein Bezug besteht. Die Bewertung der fachlichen Antwort zeigt dabei ein ähnliches Muster, wie bei anderen Aufgaben (Kap. 6.2).

### Veränderung der Aufgabe

*Innerhalb des Kontextes sollte die Zeitangabe „in einem Sommer“ neutralisiert werden, sodass die Veränderung nicht auf einen einzigen Sommer bezogen werden kann. Dadurch wird die Konzentration stärker auf die Antwortinhalte gelenkt. Für ein kom-*

*mensurables Textverständnis zwischen Autor und Schüler sollten die wesentlichen Aspekte unterstrichen werden (Kap. 6.2). Dass die Schüler Variationsaspekte in der fachlich korrekten Antwort lebensweltlich interpretieren, lässt sich nicht vermeiden und wird sich auch in anderen Kontexten zeigen. Um typologische Ausdrücke zu umgehen, könnten „einige“ durch „verschiedene“ ersetzt werden. Eine weitere Präzisierung scheitert an der Empfehlung, die Antwort nicht umfangreicher als die alternativen Antworten zu gestalten (Cheung & Bucat 2002, Haladyna et al. 2002). Um Schüler mit einem fachlich angemessenen Verständnis von denen mit naiven Vorstellungen zu unterscheiden, sollte auch für dieses Item eine Begründung angeschlossen werden.*

Aufgabe in veränderter Form:

**Stell Dir Buchfinken vor, die in einem Waldgebiet leben. Diese fressen z.B. Samen und Beeren. Was passiert, wenn durch steigende Temperaturen im Sommer nur wenige Samen und Beeren verfügbar sind?**

- a. Damit die Buchfinken trotz der Nahrungsnot überleben können, treten genetische Veränderungen ein.
- b. Die Buchfinken verändern sich von Generation zu Generation bis sie gut an die Veränderungen angepasst sind.
- c. Verschiedene Buchfinken überleben mit unterschiedlich viel Beeren, einige sterben. Solche, die wenig brauchen, vermehrten sich besser.
- d. Die Buchfinken streiten miteinander um Futter. Die Stärksten überleben und vermehrten sich, die anderen sterben.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

### 6.1.7 Beantwortung der Fragestellung für die Hasen-Aufgabe

Die Hasen-Aufgabe wurde von Demastes und Kollegen in mehreren Studien eingesetzt (Demastes et al. 1995a, Demastes et al. 1996, Southerland et al. 2000). Eine ähnliche Aufgabe mit braunen und weißen Mäusen nutzte Creedy (1993) zur Erfassung von Vorstellungen zur natürlichen Selektion bei 11 Jährigen.

Die Ergebnisse dieser Aufgabe zeigen, dass die typologische Vorstellung nicht im Fokus der Bewertung der Schüler steht. Vielmehr wird die Fellveränderung von der Zeitdauer der Umweltveränderungen oder der Vorstellung einer jahreszeitlichen Veränderung abhängig gemacht. Der generationenübergreifende Aspekt (Antworten A und B) ist nicht mit der Vorstellung eines jahreszeitlichen Wechsels des Fells (individuelle Veränderung) vereinbar. Aus diesen Gründen werden dann entweder alle Antworten abgelehnt oder Antwort C zugestimmt, in welcher die Hasen sich innerhalb eines Lebens anpassen (kompatibel mit der jahreszeitlichen Veränderung). Dass parallel dunkle und helle Hasen in unterschiedlichen Gebieten vorkommen, führen einige Schüler, welche Antwort A (richtige Antwort) oder B (typologische Vorstellung) zustimmen, auf unterschiedliche Umweltbedingungen in verschiedenen Gebieten zurück, oder auf eine zeitlich versetzte Fellveränderung bei den Hasen. Der Aspekt „in einem Gebiet“ im Itemstamm wird dabei unterschiedlich verstanden oder im Rahmen der Antwortbewertung nicht mehr beachtet. Ein fachlich angemessenes Variationsverständnis wird in der richtigen Antwort (Antwort A) nicht deutlich. Dass sich die Population als Ganze ändert (typologische Vorstellung in Antwort B) wird nicht als wesentlicher Aspekt in der dafür vorgesehenen Antwort aufgefasst. Zur expliziten Erfassung typologischer Vorstellungen eignet sich die Aufgabe somit nicht. *Um Vorstellungen zur Variation innerhalb der Population zu erfassen, sollte eine Aufgabe gewählt werden, die explizit auf Variation eingeht und nicht gleichzeitig auf den Anpassungsprozess (vgl. Vorstudie, Kap. 5.1.3.11).*

Ähnlich wie bei Creedy (1993) machen die Schüler im Kontext der Aufgabe Aussagen zur Merkmalsverschiebung innerhalb der Population, wenn sie nicht den jahreszeitlichen Wechsel als wesentlichen Erklärungsgrund einbeziehen. Durch die Abbildungen, die einen Prozess vorgeben, lässt sich die Aufmerksamkeit gut auf die Merkmalsverschiebung lenken, was in den textbasierten Aufgaben in der Vorstudie nicht möglich war (Kap. 5.1.3.7). Creedy stellte fest (Textformat, keine Abbildungen), dass die Schüler den Selektionsprozess verbunden mit der generationenübergreifenden Konsequenz besser nachvollziehen können. Darin unterscheidet sich die Aufgabe von der Geparden- und der Enten-Aufgabe, in denen der Zusammenhang zwischen vorteiligen Merkmalen und der besseren Vermehrung oftmals abgelehnt oder ignoriert wurde (generationenübergreifender Aspekt dieser Aufgaben). Zudem scheinen in dem von Creedy genutzten Kontext keine kontextbezogenen Merkmale, wie der jahreszeitliche Wechsel, die Beantwortung zu beeinträchtigen. Ähnliche Ergebnisse wie in dieser Arbeit wurden von den Autoren, die ebenfalls diese Aufgabe mit Hasen eingesetzt haben (Demastes et al.

1995a, Demastes et al. 1996, Southerland et al. 2000), nicht berichtet. Um das Vorhandensein typologischer Vorstellungen zu erfassen, eignet sich auch die im Rahmen dieser Arbeit veränderte Aufgabe nicht optimal, auch wenn die Merkmalsverschiebung stärker im Fokus steht, als in den Aufgaben, die in der Vorstudie eingesetzt wurden. Der Kontext ist zudem ungeeignet generationenübergreifende und individuelle Veränderungen zu erfassen, da diese durch die Vorstellungen zur Umweltveränderung stark in den Hintergrund gedrängt werden. Durch diese Arbeit ist erkennbar, dass es schwer ist, Variation und Anpassungsprozess in einer Aufgabe zu vereinen. *Der Variationsaspekt (Typologie) wurde nicht hinreichend erfasst, wofür eine andere Aufgabe genutzt werden sollte.* Die dazu von Anderson et al. (2002) entwickelte Aufgabe im Rahmen des CINS kann aus Autorensicht nicht empfohlen werden, da sie zu viele verschiedene Aspekte enthält (Kap. 5.1.3.11). Zwar wurde Variation in vielen Studien als schwer zu begreifendes Konzept ermittelt (z.B. Deadman & Kelly 1978, Settlage 1994, Kampourakis & Zogza 2007), konkrete Vorstellungen zur Variation, die sich als alternative Distraktoren in einem Multiple-Choice-Format eignen, sollten jedoch intensiver untersucht werden, bevor sie in eine geschlossene Aufgabe umgesetzt werden (Kap. 5.1.3.7). Variation im Zusammenhang evolutionärer Anpassung kann jedoch nur in einem Kontext thematisiert werden, der einen Prozess anspricht. Aufgaben sollten weder eine Typisierung fördern, noch sollten sie zu stark auf die Verschiedenheit hindeuten, worauf Weitzel (2006, S. 217 f) im Rahmen der Entwicklung von Lernaufgaben zur Anpassung eingeht. Er beschreibt dies für seine Aufgabe zum Industriemelanismus bei Birkenspannern als gelungen. Dieser Kontext wurde in der Vorstudie der vorliegenden Arbeit als Diagnoseaufgabe eingesetzt. Es zeigte sich jedoch, dass ähnlich wie in der verwendeten Hasenaufgabe, das Vorkommen dunkler oder heller Individuen von der Verbreitung des Rubes durch die Industrie abhängig gemacht wurde (Kap. 5.1.3.11). In der Aufgabe von Weitzel (2006, S. 217 ff) konnten mehr Text und zusätzliche Informationen integriert werden (Aufgabe im Vermittlungsprozess), die im Diagnosekontext nicht möglich bzw. ungeeignet sind (Frary 1995). *Daher erscheint es sinnvoll eine Aufgabe zu konzipieren, in welcher die Umweltveränderung bereits abgeschlossen ist, sodass die unterschiedlichen Individuen nicht auf den Grad der Veränderung bezogen werden.* Diese Bedingungen erfüllt beispielsweise die Aufgabe von Creedy (1993).

Die frei geäußerten Vorstellungen werden in dieser Aufgabe in fast allen Fällen bei der Bewertung der Antwortoptionen beibehalten. Die Aussagen sind jedoch oftmals sehr unspezifisch. Dass sich die Hasen „anpassen“, zeigt noch keine konkretere Vorstellung

davon, wie diese Anpassung verläuft (vgl. Deadman & Kelly 1978), da dieser Begriff lebensweltlich verwendet wird (Palmer 1996).

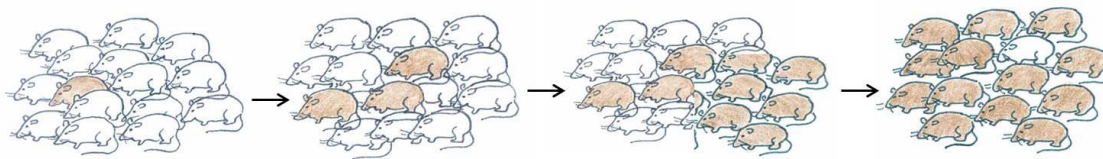
### Veränderung der Aufgabe

*Ein anderer Aufgabenkontext, wie bei Creedy (1993), sollte den aktuellen Kontext ersetzen. Ergänzend sollte das Variationsverständnis über eine Aufgabe erfasst werden, in welcher nur die Variation thematisiert wird, ähnlich wie bei Anderson et al. (2002), jedoch mit anderen Distraktoren.*

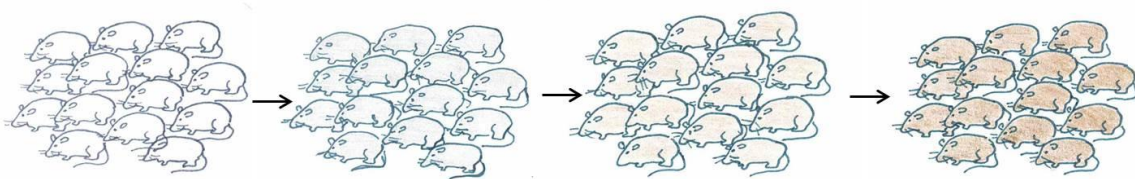
Aufgabe in veränderter Form:

**Eine Gruppe von weißen und braunen Mäusen lebte in einem Kornspeicher, in dem wenig Licht vorhanden war. Da die Mäuse so viel Schaden anrichteten, wurden zur Schadensbegrenzung Katzen in dem Speicher ausgesetzt. Nach einiger Zeit gab es weniger Mäuse und diese waren braun. Wie mag die Veränderung von der Mischung weißer und brauner Mäuse zu braunen Mäusen stattgefunden haben?**

a. Über mehrere Generationen so:



b. Über mehrere Generationen so:



c. Innerhalb des Lebens der Mäuse so:



Bitte begründen Sie die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten:



## 6.2 Allgemeine Aspekte zur Aufgabenüberarbeitung

Weil einige Vorstellungen genauer aufgetrennt werden sollten (Geparden-Aufgabe, Wildpferde-Aufgabe, Enten-Aufgabe), wie die Interviewanalyse gezeigt hat, ergeben sich für diese Aufgaben potentiell mehr als vier Antwortoptionen (anthropomorphe Vorstellungen). Wenn Aufgaben mit mehr als vier Antwortvorgaben nicht deutlich voneinander abgrenzbar sind, sind sich viele Schüler nicht sicher, welche Antwort sie auswählen sollen. Das zeigte sich in der Vorstudie durch die geringe Homogenität dieser Aufgaben (Kap. 5.1.1.2, Kap. 5.1.2.2) und die undeutlichen Begründungen der Antwortwahl. Ob die Antworten in den überarbeiteten Aufgaben hinreichend differenziert werden, wäre in weiteren Studien genauer zu überprüfen. Während Haladyna et al. (2002) beschreiben, dass so viele plausible Distraktoren wie möglich involviert werden sollten, lehnt Rodriguez (2005) diese Vorgehensweise ab und schlägt stattdessen weniger Antworten vor. Die jeweiligen Argumente beziehen sich jedoch auf die psychometrischen Kriterien wie Reliabilität und Itemschwierigkeit. Dabei wird die Bedeutung der Distraktoren vernachlässigt und erneut sei auf die Sonderstellung von MC-Aufgaben mit Schülervorstellungen als Antwortoptionen verwiesen (z.B. Narode 1987, Sadler 1998, 2000, Kap. 4.4). Moreno et al. (2006), Bush (2006) und Wylie & Wiliam (2006) machen die Anzahl sinnvoller Antwortoptionen jedoch vom Themenfeld abhängig. Die Auswahlmöglichkeiten können sonst den Bereich nicht hinreichend abdecken (Bush 2006). In Anlehnung an die Argumente für eine angemessene Repräsentation der Schülervorstellungen zu den Themeninhalten werden mehr als drei Distraktoren als potentiell sinnvoll zur Diskussion gestellt, wobei weitere Untersuchungen die Angemessenheit überprüfen sollten. Eine Begründungskomponente sollte in jedem Fall in dem Aufgabenformat enthalten sein. Wie bereits durch die Angaben von Begründungen in der Vorstudie verdeutlicht werden konnte, kann eine Kombination aus offenen und geschlossenen Aufgabenteilen verschiedene konstrukt-irrelevante Varianzen herabsetzen und die Auswahl kontrollierbar machen (Tamir 1990, Griffard & Wandersee 2001, Kuechler & Simkin 2003, Nehm & Schonfeld 2008, Tüysüz 2009, Lee et al. 2011). Die Entwicklung eines zweistufigen Aufgabenformats für Aufgaben zum Thema Evolution lehnen Anderson et al. (2002) ab, da die Begründungen einer Antwortwahl für dieses Thema sehr komplex sind. Sie beziehen sich dabei auf geschlossene Begründungsvorgaben. In Anlehnung an Jungwirth (1975) gestalten Anderson et al. (2002) dafür die

Antworten komplexer, da so mehr Informationen in einer Antwort vorkommen und diese präziser werden. Die Ergebnisse der Vorstudie in dieser Arbeit haben gezeigt, dass in komplexen Antworten nur Teilaspekte berücksichtigt werden und unter Umständen wichtige Aspekte ignoriert werden. Der effektive Einsatz einer geschlossenen Begründungsaufgabe wäre daher vor Einsatz genauer zu prüfen.

Da im Verstehensprozess von Textgegenständen immer auch eine individuelle Reduktion des Textmaterials auf die wesentlichen Aspekte stattfindet (Ballstaedt 2006), kann es hilfreich sein, die aus Expertensicht wesentlichen Aspekte zu unterstreichen, die trotz Begrenzung des Antwortumfangs oftmals von den Schülern nicht wahrgenommen werden. Über diese Transparenz der Aufgabenanforderung können Missverständnisse vermieden werden und die Aufgaben damit valider gestaltet werden. Die Hervorhebung von wesentlichen Aspekten zur Erleichterung der Leseverständlichkeit ist hinsichtlich empirisch abgesicherter Textmerkmale, welche das Lesen vereinfachen, das bedeutendste Merkmal (Biere 1991, S. 7, Christmann 2004). Es kann jedoch sein, dass die Schüler aus dieser Hilfestellung Hinweise auf die richtige Antwort ablesen, da in der richtigen Antwort unter Umständen mehrere Aspekte, im Vergleich zu den Distraktoren, hervorgehoben werden. Das wäre zu überprüfen.

Die bereits in qualitativen Studien ermittelten widersprüchlichen Vorstellungen „gezielte Veränderungen“ im Rahmen der Evolution und „Merkmalskonstanz“ im Rahmen der Genetik (Kap. 2.5) konnten in dieser Studie in den entsprechenden Aufgaben nachgewiesen werden. Die Vorstellung einer gezielten Anpassung unter Veränderung von Merkmalen zeigte sich in den evolutionär ausgerichteten Aufgaben, während die Vorstellung der Merkmalskonstanz in der Augenfarben-Aufgabe und teilweise auch in der Weismann-Aufgabe (Aufgaben zur Vererbung) festgestellt wurde.

### Typologische Vorstellungen

In der Aufgabenbewertung werden typologische Aussagen nicht direkt als Erklärungen genannt und auch nicht in der Aufgabe, in welcher diese Vorstellung explizit ermittelt werden sollte (Hasen-Aufgabe). Jedoch gehen die Schüler auf die in den Antwortoptionen enthaltenen Unterscheidungen wie z.B. „schnelle“ und „langsame“ Geparde, „Enten mit Schwimmhäuten“ und „Vorfahren ohne Schwimmhäute“, „braune“ und „weiße“ Hasen ein und behalten diese typologisch dargestellten Variationen in ihren Erklärungen bei. Durch die starke Vereinfachung der Variation, beispielsweise in den Abbildungen der Hasen-Aufgabe, wie sie in ähnlicher Form auch bei Bishop & Anderson (1990) und

Gregory (2009) zu sehen sind, werden ein bis zwei „Typen“ von Individuen abgebildet. Dabei soll die Merkmalsverschiebung innerhalb der Population aus fachlicher und aus alternativer Sicht auf das Wesentliche reduziert werden. Dies kann jedoch typologische Vorstellungen fördern, die eigentlich durch diese Aufgabe erfasst werden sollen. Jiménez-Aleixandre et al. (1996) heben hervor, dass evolutionäre Prozesse auf Wahrscheinlichkeiten beruhen und nicht einem strikten Ablauf folgen. Im Unterricht und entsprechenden Aufgaben werden Verständnisschwierigkeiten aber oftmals dadurch gefördert, dass phänotypische Merkmalsverteilungen (in vereinfachter Form) den Anschein von festgelegten Verhältnissen erwecken, die voraussagbar sind. Furnham (1992, S. 61) und Alonso-Tapia (2002, S. 393 ff) geben zu bedenken, dass nicht nur die Kontexte, in denen wissenschaftliche Erkenntnisse angeeignet werden sollen entscheidend für den Lernprozess sind, sondern auch die Kontexte, in denen Lernende „getestet“ werden. Die Förderung fachlich unangemessener Vorstellungen durch Diagnoseaufgaben sollte daher vermieden werden. Weitzel (2006, S. 217) vermittelt die Aufgabe jedoch über vergleichsweise ausführliche Informationen zum Kontext. Ein Problem stellt dabei die Begrenzung der Inhalte in Diagnoseaufgaben dar. Die Verschiedenheit der Individuen sollte insbesondere in den wissenschaftlich übereinstimmenden Antworten beachtet werden. Um dabei den Umfang der Aufgaben gering zu halten, wären weitere Studien nötig, die insbesondere auf diesen Aspekt eingehen.

### Fachlich korrekte Antwort

Variation und Selektion werden in einigen Aufgaben (Geparden, Enten, Buchfinken) vor einem alltagsbezogenen Hintergrund bewertet. Die „funktionale“ Bedeutung vorteiliger Eigenschaften (Angepasstheit), wie Palmer (1996) sie beschreibt, wird dabei nicht erkannt, was sich in der Ablehnung eines Zusammenhangs von Selektion und der besseren Vermehrung einiger Individuen zeigt (vgl. Greene 1990, Pazza et al. 2010). Die Auswahl der korrekten Antwort, ohne dass ein hinreichendes Verständnis vorhanden wäre, zeigten Johannsen & Krüger (2005) durch die Zustimmung der Untersuchungsteilnehmer zur richtigen Antwort im geschlossenen Format und der gleichzeitig geringen Nutzung der Begriffe Mutation und Selektion in der offenen Aufgabe. Trotz der Plausibilität der darwinischen Perspektive wird diese nicht hinreichend verstanden. Auch in dieser Aufgabe ist die Begründung der richtigen Antwort nicht angemessen (vgl. Yarroch 1991).

Insgesamt werden jedoch vereinzelt auch richtige Ansätze genannt. Es ist wichtig, nicht einfach zwischen „fachlich angemessen“ oder „unangemessen“ zu unterscheiden. Palmer (1999) hebt hervor, dass fachliche Denkansätze, wenn keine vollständige wissenschaftlich adäquate Vorstellung vorhanden ist, wichtig sind, um ein umfassendes Bild von den Vorstellungen der Schüler zu bekommen. Durch Begründungen von Schülern, die dieser Antwort zustimmen, kann das Teilwissen in diesem Bereich erfasst werden und konstruktiv in der Entwicklung adaptierter Unterrichtskonzepte berücksichtigt werden. Lee et al. (2011) stellten fest, dass die Begründungen den Mangel an komplexen Vorstellungsmustern aufdecken, die durch die bloße Antwortoption verdeckt bleibt. Die Unfähigkeit der Schüler, die fachlich angemessenen Antwortoptionen in den Aufgaben der vorliegenden Arbeit hinreichend zu erklären, bestätigte die Interviewanalyse. Für die explizite Ermittlung des Ausmaßes fachlicher Vorstellungen könnten „best answer choices“ Aufgaben (Auswahl der besten Antwort) eingesetzt werden, bei welchen verschiedene Aspekte der fachlichen Vorstellung (unterschiedliche Verständnislevel) in einem geschlossenen Format ermittelt werden (Tamir 1990).

### **6.3 Abweichungen der freien von der geschlossenen Antwort**

Für die Aufgaben in dieser Arbeit zeigten sich insgesamt sowohl Übereinstimmungen als auch Abweichungen der freien Antworten von der Antwortwahl im geschlossenen Format. Vorstellungen werden durch die Antwortvorgaben oftmals erweitert, und es kommen neue Aspekte hinzu. Schüler sehen Übereinstimmungen teilweise auch dann, wenn aus Sicht des Aufgabenkonstruktors lediglich Ansätze vergleichbar sind. Dass in den Antwortvorgaben nicht alle Vorstellungen der Schüler abgebildet werden konnten, wurde in der Interviewanalyse deutlich, und wird durch die Hinweise zur Veränderung der Antwortauswahl optimiert. Weitere Abweichungen der Vorstellungen in dem offenen und geschlossenen Format können auf die unterschiedlichen Aufgabenanforderungen zurückgeführt werden.

Verschiedene Studien kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Frage, ob Multiple-Choice-Aufgaben die gleichen kognitiven Fähigkeiten erfassen, wie vergleichbare offene Aufgaben (vgl. Kap. 2.3.2). Traub & MacRury (1990) fassen in ihrem Review zusammen, dass die beiden Erhebungsmethoden nicht die gleichen Strukturen externalisieren, merken aber auch an, dass nicht klar ist, worin die Abweichungen be-

gründet sind. Studien von Simkin & Kuechler (2005) und Kuechler & Simkin (2010) unterstützen das Resümee. Hingegen können andere Autoren übereinstimmende Ergebnisse in beiden Erhebungen feststellen, sodass die Übertragung in geschlossene Formate gelingt (Bridgeman 1992, Hancock 1994, Rodriguez 2003, Dannemann & Krüger 2010, Kastner & Stangla 2011). Unterschiede werden dabei häufig auf die Erfassung unterschiedlicher kognitiver Level (Komplexität) zurückgeführt, die mit diesen Formaten angesprochen werden (Bennett et al. 1991, Rodriguez 2002).

In den Interviews für diese Arbeit wurden in der freien Antwort auch einzelne Vorstellungen genannt, die wenig präzisiert wurden, während mehrere der vorgegebenen Antworten bei der Auswahl kombiniert wurden (vgl. Hagman et al. 2003). Oftmals werden durch die Antwortvorgaben andere Ansätze aufgegriffen, als sie zuvor frei geäußert wurden (vgl. Schoultz et al. 2001, Rebello & Zollman 2004, Nehm & Schonfeld 2008). In den geschlossenen Formaten können bestimmte Schlüsselaspekte erkannt werden, wie auch in dieser Arbeit ein wesentliches Ergebnis, die aber nicht vollständig in einen Gesamtkontext integriert werden können und so frei nicht erklärt werden können (vgl. Johannsen & Krüger 2005). Solche Vorstellungen sind dann nicht frei abrufbar oder werden nicht hinreichend verstanden. Dabei können Schüler mit „Teilwissen“ durch das Aufgreifen entscheidender Aspekte eine Antwort wählen, die sie nicht weiter erklären können (Traub 1993, Bush 2001, 2006). Vorstellungen müssen anders als in der freien Antwort nicht selbst formuliert werden, stattdessen müssen mehrere Möglichkeiten verglichen und bewertet werden (Tamir 1990). Bennett (1993, S. 3) unterscheidet zwischen „erkennen“ (MC) und „konstruieren“ (frei). Wichtig in diesem Zusammenhang ist daher die Begründung der Auswahl. Die Antwortauswahl im geschlossenen Format ist stark begrenzt und die Schüler entscheiden sich innerhalb eines engen Rahmens an Vorstellungen für eine einzige oder wenige Antworten. Hingegen ist in der offenen Antwort eine Vielzahl an Antworten möglich (Traub 1993, Ferrara et al. 2004, S. 13). Eine absolute Übereinstimmung der offenen und der geschlossenen Aufgaben, die von einer Person beantwortet werden, ist nur dann zu erwarten, wenn das Wissen einer Person, bzw. die Vorstellungen, stark begrenzt sind<sup>11</sup> (Ferrara et al. 2004). Dies kann sich möglicherweise in Kontexten ergeben, die wenig Spielraum lassen. Das Thema Evolution ist jedoch ein komplexes Thema, für welches dies nicht zutrifft (Anderson et al. 2002).

---

<sup>11</sup> Zwar sind bei Experten auch bei komplexem Wissen konsistente Antworten zu erwarten, in diesem Fall ist aber die einheitliche Beantwortung bei einem begrenzten Inhaltsbereich und wenig Vorwissen gemeint (abstrakte Themen mit wenig Alltagsbezug, beispielsweise).

Olsen et al. (2001) ziehen zur Diskussion von MC-Formaten zur Diagnose von Schülervorstellungen die theoretischen Ansätze von Vygotsky (1986) heran. Nach seiner Auffassung können Schülervorstellungen durch die Auseinandersetzung mit einem Experten in einem Gespräch auf eine andere Ebene (Wissenserweiterung im Zusammenhang von Lernprozessen) gebracht werden, als sie unter alleiniger Bearbeitung einer Fragestellung möglich wäre. Der Schüler kann unter dieser Hilfestellung seine Äußerungen ausweiten. Dass dieser Prozess stattfindet, zeigt die Veränderung der Vorstellung von der freien Antwort zur Antwortbewertung in dieser Studie. Die Erweiterung von Vorstellungen durch die Antworten trat sehr häufig auf und war oftmals mit den unabhängig geäußerten Vorstellungen vereinbar. Die offenen Antworten waren meist nur oberflächlich und einigen Interviewpartnern viel es schwer, frei eine detaillierte Antwort zu geben (vgl. Tamir 1990). Viele Lernende wissen auch nicht, was eine angemessene Erklärung ist (Abrams & Southerland 2001, vgl. Henle 1962), sodass sie frei von verschiedenen Formen von Beschreibungen und Erklärungen Gebrauch machen (vgl. Kattmann 2008). Angemessene Begründungen abzugeben ist eine Kompetenz, die im unterrichtlichen Prozess erlernt werden muss und oft davon abweicht, was Experten unter einer angemessenen Begründung verstehen (Retznitskaya et al. 2001). Vergleichend kann dazu die Forschung zur Argumentationsfähigkeit herangezogen werden, die sich in ähnlicher Weise mit dieser Problematik auseinandersetzt und Schwierigkeiten in der Argumentationsfähigkeit von Schülern hervorhebt (Jiménez-Aleixandre et al. 2000, Kuhn 2010). Argumentationen sind jedoch trotz ähnlicher Struktur von Erklärungen (im Zusammenhang dieser Arbeit) zu unterscheiden, da in Erklärungen anders als in Argumentationen nicht das Ziel der Überzeugung von Gesprächspartnern verfolgt wird (Riemeier et al. 2012). Unterschiede ergeben sich schon darin, dass in den Erklärungen in den vorliegenden Interviews einseitig Behauptungen aufgestellt werden, und der Interviewer so wenig wie möglich interveniert. Berücksichtigt man also die Unsicherheiten und Inkompetenzen von Schülern, klare Vorstellungen und Begründungen zu äußern, erscheint die mangelnde Übereinstimmung von offenen und geschlossenen Antworten erklärbar.

Antwortvorgaben können auch als zusätzliche Informationen betrachtet werden, um eine Frage richtig zu interpretieren oder in einer bestimmten Richtung zu beantworten (vgl. Vygotsky 1986). Antwortalternativen können somit Missverständnisse minimieren. Im Vergleich von Multiple-Choice-Format und Interviewaussagen, bzw. offenen Aufgaben, stellten Tamir (1990) und Nehm & Schonfeld (2008) fest, dass sich das MC-

Format besser eignet, um gezielt bestimmte Vorstellungen zu erfassen, die dann auch für den Unterricht relevant sind, während offene Formate oftmals weniger und unwesentliche Vorstellungsaspekte ermitteln. Die Autoren sehen in den Abweichungen somit keinen Nachteil. Antwortalternativen können aber auch kognitive Fallen sein, da sie Schüler dazu verleiten, inadäquate Aussagen anzunehmen, die sie ohne dieses Angebot, bzw. frei, nicht gemacht hätten (Olsen et al. 2001). Allerdings ist die Tatsache, dass die dargebotene Antwort plausibel erscheint, auch ein Hinweis darauf, was der Schüler im Fragekontext als logisch und vorstellbar ansieht (Tamir 1990).

Kobayashi (2002, S. 197) beschreibt aus der Perspektive des Textverständnisses, dass geschlossene Aufgaben „lokale Aspekte“ anbieten. Diese unterscheiden sich von umfangreicheren Texten oder Interviewaussagen darin, dass sie nur einen Ausschnitt wiedergeben und dabei aus dem Kontext extrahiert wurden. Entsprechend können die Konzepte im „operationalisierten Format“ (als geschlossene Antworten) von den ursprünglichen Vorstellungen (die in qualitativen Erhebungen ermittelt wurden) abweichen. In diesem Fall wird durch die Übertragung in ein anderes Aufgabenformat ein anderes Konstrukt konstruiert (vgl. Traub 1993). Das zeigt sich insbesondere in der Geparden-Aufgabe, in welcher die Fragmentierung die Vorstellungen der Schüler nicht wiedergeben kann. Über den Vergleich von gesprochener und geschriebener Sprache kann ergänzend hinzugefügt werden, dass gesprochene Aussagen logisch sein können, als Text vorliegend werden diese dann aber nicht gleichermaßen als sinnvoll betrachtet (Olson 1994, S. 95).

Die Interviewanalyse in dieser Arbeit hat gezeigt, dass sich viele Schüler nicht eindeutig für eine Antwort entscheiden, sondern verschiedene Antwortalternativen in Erwägung ziehen und auch keinen Widerspruch zu den frei geäußerten abweichenden Vorstellungen sehen. Wie in der vorliegenden Arbeit wurde auch in anderen Studien ermittelt, dass Lernende eine Mischung von alternativen und fachlichen Erklärungsansätzen im evolutionären Zusammenhang parallel vertreten (z.B. Halldén 1988, Southerland et al. 2001). Insbesondere die Zustimmung zur fachlich angemessenen Vorstellung aus unangemessenen Gründen (konstrukt-irrelevante Varianz) ist dabei für die Diagnose eine Herausforderung. Vorunterrichtlich ist ein geringes Verständnis der fachlich korrekten Antwort zu erwarten und wird in anderen Studien zu Schülervorstellungen zur Evolution auch so ermittelt (Beardsley 2004, Olander 2008). Taber (2000) und Nadelson & Southerland (2010) führen diese Unentschiedenheit darauf zurück, dass Lernende die noch keinen ausführlichen Unterricht zu den Inhalten erhalten haben, noch keine klar

strukturierten Vorstellungen entwickeln konnten (vgl. Watson et al. 1997). Diese Tatsache erschwert die Diagnose vorunterrichtlicher Fehlvorstellungen, ist aber auch eine Erklärung für die unterschiedlichen Vorstellungen in den verschiedenen Aufgabenformaten. Geraedts & Boersma (2006) erklären über die „dynamic systems theory“ von Thelen & Smith (1994), warum Schüler auf eine Frage nicht immer genau mit einer Vorstellung antworten, sondern spontan aus der Situation heraus (vgl. Palmer 1999). Spontanes Verhalten und kognitive Konstruktionen, wie Thelen & Smith (1994) es nennen, werden zu gewissen Anteilen immer vom Kontext bestimmt. Vergleichbar sind diese Annahmen mit den Ansätzen zu „knowledge in pieces“ (p-prims), die von diSessa (1988) beschrieben wurden. Dabei werden die Vorstellungen der Lernenden spontan aus der Situation heraus generiert und unterliegen nicht gleichbleibend konsistenten Rahmentheorien. In dieser Studie konnten sowohl theorieähnliche Vorstellungsmuster gefunden werden, wie die Vorstellung einer gezielten Anpassung (vgl. Start-Weg-Ziel Schema, Kap. 6.1.1), als auch wechselhafte Vorstellungsäußerungen. Anzunehmen ist daher, dass die Schüler über theorieähnliche Rahmenstrukturen verfügen, die im Sinne ontologischer Kategorien verankert sind und sowohl offen als auch in geschlossenen Formaten zum Tragen kommen. Daneben werden situative Erklärungen geäußert, die ähnlich der Annahmen von Taber (2000) im Zusammenhang der Unentschlossenheit zu sehen sind und für Schüler mit vorunterrichtlichen Vorstellungen mehrfach beobachtet wurden. Für die situative Generierung von Erklärungen sprechen auch die Erweiterung der Vorstellungen und das Hinzukommen neuer plausibler Aspekte durch die Antwortvorgaben.

Zwar werden Übereinstimmungen zwischen freien Vorstellungen und geschlossenen Formaten angestrebt, um valide Diagnoseaufgaben nutzen zu können (Traub 1993), die Umsetzbarkeit dieses Kriteriums, wird jedoch, wie beschrieben, vielschichtig diskutiert. Rodriguez (2002) merkt in Anlehnung an Messick (1993) an, dass Tests, gleich welchen Formats, funktional sein sollten, und dabei die Validität eine zentrale Rolle spielen sollte. Eine exakte Übereinstimmung von Antworten, die auf eigener Konstruktion oder auf Erinnerung beruhen, wird dabei nicht angestrebt, wie einst durch den Vergleich von „scores“ (vgl. Ward et al. 1980). Verschiedene Formate können einen unterschiedlichen Zweck erfüllen (schnelle Auswertbarkeit, Erfassung eines tiefergehenden Verständnisses) und darin geeignet sein (Rodriguez 2002). Durch die Kombination von Formaten, vielmehr als durch die Angleichung dieser, können Formate optimal genutzt werden (Messick 1993, in Rodriguez 2002).



## 6.4 Kritische Reflektion der Methode

Äußerungen in Gesprächen sind lediglich Fragmente dessen, was an Bedeutung dahinter liegt (Olson 1977, S. 261). Die Erfassung des Textverständnisses, bzw. des Verständnisses der Aufgaben, kann dadurch erschwert werden. Ebenso ist das Phänomen der sozialen Erwünschtheit in direkten Testsituationen, wie dem Interview, immer eine mögliche Quelle für konstrukt-irrelevante Varianzen (vgl. Richman et al. 1999, Jonkisz et al. 2012, S. 59) oder systematische Verzerrungen (Diekmann 2007, S. 448) und kommt in geschlossenen Formaten, ohne Gespräch mit einem Interviewer, weniger zum Tragen (Fisher 1993). Da in dieser Studie jedoch Wissen ermittelt wird und keine Angaben zur eigenen Person (wie z.B. in psychologischen Tests), ist der Effekt als geringer einzuschätzen (vgl. Reinecke 1991, Richman et al. 1999, Flynn & Goldsmith 1999).

Katz et al. (2000) stellten Abweichung der Vorstellungen in offenen und geschlossenen Aufgaben fest, die nacheinander, wie in dieser Arbeit, bearbeitet wurden. Sie führen das unter anderem darauf zurück, dass die Schüler sich darüber bewusst sind, dass ihre frei geäußerten Aussagen von den Antwortinhalten unter Umständen abweichen und daher nicht richtig sein können. Durch diese Erkenntnis modifizieren sie ihre Antwort im Zusammenhang mit den Antwortoptionen. Katz et al. (2000) vermuten, dass die Schüler die Antwortmöglichkeiten zur Überprüfung ihrer freien Antworten nutzen und dadurch Veränderungen oder Angleichungen stattfinden. Die in dieser Arbeit festgestellten Erweiterungen und hinzukommenden Aspekte durch die Antwortvorgaben können auch aus dieser Perspektive betrachtet werden. Vergleichbar mit den Feststellungen von Katz et al. (2000) werden Rechtfertigungssituationen in Interviews von Fritz & Hundsnurscher (1975) als Vorwurfs-Rechtfertigungs-Interaktion beschrieben, die auf die Auseinandersetzung mit einem Gesprächspartner zurückgeführt werden. Schüler können in der Interviewsituation das Gefühl haben, die abweichenden Äußerungen verteidigen zu müssen, auch wenn seitens des Interviewers kein Vorwurf beabsichtigt war. Ansätze davon wurden in dieser Arbeit deutlich, wenn die Schüler auf widersprüchliche Aussagen angesprochen wurden. Das ergab sich zum Beispiel in der Weismann-Aufgabe für die Ablehnung oder Zustimmung der Vererbung erworbener Merkmale bei unklaren Vorstellungen. Jedoch trat dies selten auf. Eine Möglichkeit zur Minimierung wäre die Darstellung von Antwortvorgaben als Aussagen anderer Schüler, die zu bewerten sind, sodass eigene Vorstellungen aus der Perspektive der Schüler im Hintergrund stehen.

Praktisch kann dies durch Concept Cartoons erreicht werden (vgl. Keogh & Naylor 1999, Ekici et al. 2007).

Die explorative Vorgehensweise über Interviews birgt zudem das Risiko der gegenseitigen Beeinflussung durch die kommunikative Interaktion (Cannell & Kahn 1968). Im Gespräch kann anders als in einer unabhängigen Aufgabenauseinandersetzung durch den kommunikativen Austausch eine gemeinsame Bedeutungsgenerierung entstehen (Olson 1994, S. 115 f, Deppermann 2008, S. 235). Für die textbasierten Aufgaben soll jedoch das individuelle Textverständnis ermittelt werden (vgl. Christmann 2004, S. 33). So kann die Vergleichbarkeit mit der Standardsituation, in welcher die Aufgaben eingesetzt werden sollen, erschwert werden. Erhebungsformen können grundsätzlich mit formatspezifischen konstrukt-irrelevanten Varianzen verbunden sein (Messick 1993, S. 65). Eine suggestive Frageform kann beispielsweise die Antwort des Interviewpartners beeinflussen (Diekmann 2007, S. 458). Southerland et al. (2001) stellten in Interviews zu Schülervorstellungen zur Evolution fest, dass die Beteiligten durch gezieltes Nachfragen oftmals die Begründung änderten und andere Vorstellungen äußerten. Nachfragen erweckte den Eindruck, die Antwort sei unangemessen, wie Southerland et al. (2001) es interpretierten. Auch Schoultz et al. (2001) stellten fest, dass der Dialog im Interview dazu beiträgt, dass die Aufgaben in einer bestimmten Weise verstanden werden, möglicherweise anders, als wenn sich die Schüler allein mit den Aufgaben auseinandersetzen würden. Das konkurrente Interviewverfahren, das in den zum Vergleich herangezogenen Interviews in dieser Arbeit einbezogen wurde (Kap.5.2, jeweils in den Zusammenfassungen), ergab deutlich öfter Situationen, in denen Nachfragen des Interviewers auf die Richtung der Beantwortung Einfluss nahmen. Um dem entgegenzuwirken, scheint die dreischrittige Vorgehensweise, wie sie in dieser Arbeit in der Hauptstudie angewendet wurde, geeignet zu sein, da der Interviewte sich anfangs weitestgehend alleine mit der Aufgabe beschäftigt. Im Vergleich zum konkurrenten Interviewverfahren wurden die Aussagen der Befragten dadurch kaum beeinflusst. In dieser Arbeit wurde versucht, die Nachteile des konkurrenten und des retrospektiven Verfahrens durch die dreistufige Vorgehensweise zu verringern (Kap. 4.5). Vereinzelt zeigten die Interviewaufzeichnungen jedoch, dass an einigen Stellen nicht genauer nachgefragt wurde, weil diese Fragen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben wurden (Nachfragen in der dritten Interviewphase). Die verschiedenen Interviewverfahren (konkurrentes und retrospektives Verfahren), die in dieser Arbeit über Probeinterviews angewendet wurden, zeigten Abweichungen und Übereinstimmungen in den Vorstellungen, die durch diese

ermittelt wurden. Hinsichtlich der konkurrenten und retrospektiven Interviewformen kommen Leighton (2004) und Birns et al. (2002) zu dem Schluss, dass eine Mischung der Methoden sinnvoll wäre, um die jeweiligen Vorzüge der Verfahren nutzen zu können, bzw. Nachteile auszugleichen. Die hier angewandte Mischform kommt dem nahe, könnte aber auch durch die Anwendung beider Methoden bei unterschiedlichen Schülern ersetzt werden. Anschließend können die Ergebnisse dann verglichen werden. Für die Überprüfung von Multiple-Choice-Aufgaben konnte das „think-aloud“-Interview jedoch als ungeeignet nachgewiesen werden, da die Schüler wenig erklären, wenn sie nicht dazu aufgefordert werden (Tan 2008, S. 102), oder im Sinne des retrospektiven Verfahrens erst nach der Aufgabenbearbeitung Äußerungen machen (Robinson 2001, Primarstufe). Anzumerken ist, dass die Interviewform dem spezifischen Forschungsthema gerecht werden muss. Viele der von Leighton (2004) berücksichtigten Studien beziehen sich auf die Erfassung kognitiver Prozesse beim Problemlösen (z.B. für mathematische Themen). Um Problemlösestrategien nachvollziehen zu können, sind konkurrente Verfahren, wie „think-aloud“-Interviews, nützlich. Für die Überprüfung von Aufgaben, die deklaratives Wissen erheben, wie in der vorliegenden Arbeit, ist dieser Aspekt von geringerer Bedeutung (vgl. Rodriguez 2002).

Zu beachten ist auch, dass die Anwendung beider Verfahren eine große Probandenzahl erfordert. Um hinreichende Ergebnisse ermitteln zu können, muss viel Zeit aufgebracht werden. Auch das dreischrittige Verfahren in dieser Arbeit war mit einem hohen Zeitaufwand verbunden, auf Grund dessen nur eine begrenzte Anzahl an Interviews durchgeführt werden konnte. Eine weitere Alternative zu der hier verwendeten Vorgehensweise ist die zeitliche Auftrennung der Interviews zur freien und geschlossenen Beantwortung (vgl. Dannemann & Krüger 2010, Knight 2010). Durch das direkte Aufeinanderfolgen der beiden Aufgabenformate (offene Beantwortung und Bewertung der Antwortvorgaben) in der vorliegenden Arbeit könnte eine vorangegangene Auseinandersetzung mit der Fragestellung Einfluss auf die Antwortbewertung genommen haben, sodass dadurch Abweichungen von der Standardsituation entstanden sein können. Andererseits können Vorstellungen über eine gewisse Zeit beeinflusst werden, sodass ebenfalls Abweichungen entstehen können, wie sie auch für kritische Aspekte der Test-Retest-Reliabilitätsprüfung bekannt sind (z.B. Rammstedt 2004).

Das Einschätzen der eigenen Sicherheit mit der Antwort in der Vorstudie hat sich als nicht effektiv im Hinblick auf die Erfassung der Konsistenz erwiesen. Die Schüler schätzten sich überwiegend im „guten“ Bereich ein, und es ergaben sich keine wesent-

lichen Abweichungen bei bestimmten Aufgaben oder Antworten. Gregory & Ellis (2009) haben für Lernende oberer Klassenstufen (graduate students) vergleichbar eine durchgängig positive Einschätzung („gut“) ihrer Fähigkeiten festgestellt, insbesondere diejenigen, die bereits eine Intervention zu dem Thema Evolution erhalten haben. Sie sind sich der Abweichungen von einem fachlich angemessenen Verständnis dabei nicht bewusst. Pressley & Ghatala (1988) stellten vergleichbar eine Überschätzung der Angemessenheit der Antwortauswahl bei Universitätsstudenten in Multiple-Choice-Formaten fest. Geschlechterspezifische Unterschiede erschweren zudem die Verlässlichkeit der Einschätzungen. Lundeberg et al. (1994) ermittelten, dass Jungen dazu neigen sich zu gut einzuschätzen, während Mädchen sich oftmals wenig zutrauen. Trotz in der Literatur beschriebener Vorteile (Kap. 2.3.1), unterstützen die Ergebnisse dieser Arbeit solche Studien, die das Überprüfen des Sicherheitsempfindens als wenig effektiv herausstellen.

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass Informationen stets im Zusammenhang mit kontextspezifischen Merkmalen enkodiert werden (Tulvig & Thomson 1973). Vor dem Hintergrund zahlreicher Studien, die die Kontextabhängigkeit von Schülervorstellungen in den Vordergrund stellen, wird ein Vergleich häufiger Schülervorstellungen als Distraktoren in verschiedenen Kontexten empfohlen (z.B. Nehm & Ha 2011, Heredia et al. 2012). Die Kontextabhängigkeit von Schülervorstellungen ist gerade bei vorunterrichtlichen Vorstellungen bedeutsam (Palmer 1999). Bei der Entwicklung des MUM (Concept Inventory of Macroevolution) wurde festgestellt, dass Schüler, die noch keine Unterrichtseinheit zu einem Thema erhalten haben, Vorstellungen sehr situativ generieren (Nadelson et al. 2010). Wissen entwickelt sich kontextgebunden und wird nicht leicht transferiert (Pellegrino et al. 2001, S. 91). Ergebnisse dieser Arbeit sollten daher im Rahmen der untersuchten Kontexte betrachtet werden, obwohl Berechnungen zur Homogenität teilweise für eine Vergleichbarkeit der Aufgabenkontexte in der Vorstudie sprechen (Kap. 5.1.1.2, Kap. 5.1.2.2). Anzumerken ist, dass nicht alle in der Hauptstudie verwendeten Aufgaben auch in der Vorstudie überprüft wurden, da sich die Aufgaben erst aus der Vorstudie entwickelt haben.

Auf Grund des Umfangs des Interviewverfahrens konnten nur relativ wenige Interviews vollständig ausgewertet werden. Um einen ganzen Aufgabensatz (eine Aufgabe zu jedem Thema) überprüfen zu können, mussten die Aufgaben auf unterschiedliche Personen aufgeteilt werden, sodass insgesamt nur die Hälfte an Aufgaben bei einer Person überprüft werden konnte. Die Zahl vergleichbarer Interviews ist dadurch gering. Die

Ergebnisse sind entsprechend nur begrenzt verallgemeinerbar. Die hinreichende Anzahl an Interviews ist jedoch daran zu bemessen, inwieweit die Ergebnisse in weiteren Interviews bestätigt werden können (Gropengießer 2008). Vergleichbare Aussagen weiterer Interviews in dieser Arbeit (konkurrentes Verfahren) zeigten, dass viele der herausgestellten Gemeinsamkeiten in weiteren Interviews bestätigt werden konnten. Weitere Interviews könnten auch die in wenigen Fällen aufgetretenen Konzepte und Aufgabenmerkmale besser absichern. Die Ergebnisse liefern insgesamt wesentliche Grundlagen, auf denen umfangreichere quantitative Untersuchungen aufbauen können.

Um die Kenntnisse des Textverstehens auf die Aufgabenanforderungen in einem textbasierten Multiple-Choice-Format besser übertragen zu können, sollte zukünftig die Lesekompetenz parallel zur Aufgabenbearbeitung von Testpersonen überprüft werden (vgl. Haladyna et al. 2002, Kaplan & Saccuzzo 2009, S. 137). Da die Lesekompetenz beispielsweise die Fähigkeit der Herstellung von Kohärenz in einem zu verstehenden Text beinhaltet (Dörfler et al. 2010, S. 156), kann dabei überprüft werden, wie das Verständnis der einzelnen Antworten mit der Lesekompetenz in Verbindung steht. Im Vordergrund wird dabei zudem stehen, ob die Testperson in einem Test zur Erfassung der Lesekompetenz in der Lage ist, die wesentlichen Aspekte der Antwort zu entnehmen.

## 7 Ausblick

Im Rahmen formativer Unterrichtskonzepte können die hier entwickelten Aufgaben auch in den Lernprozess integriert werden, indem Schüler diese in Gruppen oder im Klassenverband diskutieren (vgl. Haslam & Treagust 1987, Huxham et al. 2012). Somit kann die Auswertung und Auflösung der Aufgaben zeiteffizient im Unterricht passieren. Metakognitive Prozesse und die Fähigkeit, eigene Vorstellungen zu reflektieren und zu hinterfragen, werden durch die Auseinandersetzung mit Fragen, wie „Woher weißt du das?“ oder „Warum denkst du das?“ gefördert (vgl. Shaughnessy 2004, S. 275, Alonso-Tapia 2002, S. 402). Dies wiederum wirkt sich auf eine effektivere Bearbeitung von Diagnoseaufgaben aus. Die Aufgaben werden oftmals nur durch konstrukt-irrelevante Herangehensweisen gelöst, wobei der Testnehmer nicht die Absicht hat, den Inhalt und den Grund der Frage genau zu verstehen (Leighton & Gokiert 2005). Es wird nicht hinterfragt. Gründe für diese Herangehensweisen werden immer wieder im Zusammenhang mangelnder Argumentationsfähigkeit diskutiert (Kuhn et al. 2000). Rød et al. (2010) entwickelten Multiple-Choice-Aufgaben, die sowohl prozessbegleitend für eine stärkere Reflexion im Lernprozess eingesetzt werden, als auch zur Diagnose von Lernständen herangezogen werden können. Sie wirken zum einen der Einschätzung von Schülerfähigkeiten allein durch geschlossene Aufgaben entgegen, und zum anderen werden dabei Aspekte der formativen Diagnose einbezogen, bei welcher eine gewisse Selbststeuerung des eigenen Lernprozesses an die Lernenden herangetragen wird. Viele Multiple-Choice-Aufgaben lassen sich dabei leicht in Unterrichtsaufgaben umwandeln (Krainer & Stern 2008). So könnten die in dieser Arbeit überprüften Aufgaben bereits einzeln verwendet werden. Dabei werden dann Diagnose- und Lernprozesse verbunden. Unterschieden werden muss diese Herangehensweise jedoch von der Diagnose im Rahmen der individuellen Förderung, die allein durch die Lehrperson gesteuert wird (vgl. Kunze 2010, S. 19). Die Realisierbarkeit individueller Förderung nach Kunze konnte für die Sekundarstufe I jedoch noch nicht hinreichend nachgewiesen werden (z.B. Anus & Melle 2013, Chemie). Wenn die Vorgehensweise im Sinne formativer Unterrichtskonzepte die Selbstständigkeit mit einbindet, zeigen sich positivere Ergebnisse (Forum Bildung 2002), jedoch ist auch dieser Forschungsbereich noch am Anfang (Helmke & Schrader 2010, S. 97).

Für die Weiterentwicklung der Aufgaben für ein Testinstrument wird die Überprüfung nach einem Modell der IRT vorgeschlagen, bei welchem nicht nur dichotomisierte Aufgaben, sondern auch einzelne Distraktoren berücksichtigt werden (z.B. Briggs et al. 2006, Battisti et al. 2010). Ob die jeweiligen Antworten sinnvoll verschiedenen Leistungsniveaus zugeordnet werden können, sollte überprüft werden (vgl. Hermann-Abell & DeBoer 2011). Die richtige Antwort wird überwiegend aus unangemessenen Gründen ausgewählt (vgl. Yarroch 1991). Da oftmals auch fachliche Ansätze genannt werden, nicht aber vollständig korrekte Erklärungen, können hier sinnvolle Abstufungen (Fähigkeitslevel) vorgenommen werden (IRT, Kap. 4.4). Darüber kann die Auswahl der fachlich angemessenen Antwort stärker kontrolliert werden. Dieses quantitative Verfahren kann dann für Untersuchungen mit einer größeren Stichprobe genutzt werden und gleichzeitig eine Reliabilitätsprüfung einschließen. Nach Traub (1993) und Burton (2001) ist die Reliabilität unbedeutend, wenn Multiple-Choice-Aufgaben die Vorstellungen der Schüler nicht hinreichend erfassen und somit keine angemessene Validität besteht. Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern dafür eine wesentliche Grundlage. Im Rahmen weiterer Studien, die sich an die qualitative Überprüfung der Aufgaben anschließen könnten, kann dieses Kriterium sinnvoll einbezogen werden, hätte aber in dem in dieser Arbeit vorgenommenen Aufgabenschritt noch nicht hinreichend ermittelt werden können (vgl. Smith et al. 2008).

## 8 Zusammenfassung

Das Thema Evolution gilt als bedeutender Inhalt biologischen Unterrichts und sollte frühzeitig in den Biologieunterricht integriert werden, damit die wesentlichen Inhalte als Grundlage den Lernprozess weiterer curricularer Themeninhalte begleiten können. Aus konstruktivistischer Sicht sind dabei alltagsbezogene Vorstellungen zu ermitteln, die vor dem Unterricht bestehen und von den Schülern mitgebracht werden. Werden diese Sichtweisen ignoriert, können diese langfristig überdauern. Fachlich unangemessene Vorstellungen zur Evolution und Vererbung wurden in zahlreichen Studien ermittelt und treten sowohl bei jüngeren Schülern, als auch bei Studierenden, bzw. allen Altersstufen auf. Um die Vermittlung an die Voraussetzungen der Zielgruppe anpassen und die individuellen Voraussetzungen berücksichtigen zu können, sollten vorunterrichtliche Vorstellungen diagnostiziert werden. Für einen zeiteffizienten Diagnosevorgang wurden in dieser Arbeit Multiple-Choice-Aufgaben entwickelt, die objektiv und schnell ausgewertet werden können. Die Aufgaben wurden bereits in vergleichbarer Form in anderen Studien im Wesentlichen ungeprüft eingesetzt und in dieser Arbeit genauer untersucht und angepasst. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Konstruktvalidität, da dieses Gütekriterium ein wesentliches, aber oft vernachlässigtes Merkmal aussagekräftiger Diagnoseaufgaben ist.

Zunächst wurden verschiedene Versionen eines zusammengestellten Testinstruments zur evolutionären Anpassung und Vererbung in einer Vorstudie mit 160 Schülern der Zielgruppe auf wesentliche Schwachstellen überprüft. Dabei wurden qualitative (offene Begründungen) und quantitative Parameter (deskriptive Statistik für einzelne Aufgaben und klassische Testparameter) berücksichtigt. In der nachfolgenden Hauptstudie wurde jeweils eine Aufgabe zu jedem Themeninhalt des Tests genauer untersucht. Dazu wurden 10 Interviews mit Schülern der 7. und 9. Klasse mit gleichen Vorkenntnissen durchgeführt und die Ergebnisse mit denen aus 10 weiteren Interviews verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die genaue Konstruktvalidierung alle Aufgaben als ungeeignet identifizieren konnte, und die Aufgaben an das Verständnis und die Vorstellungen der Zielgruppe zunächst angepasst werden müssen, bevor ein vollständiges Testinstrument entwickelt werden kann. Die Unangemessenheit zeigt sich dabei im Aufgabenformat, in der Auswahl der Antwortoptionen oder in Schlüsselwörtern im Itemstamm, die zu konstruktirrelevanter Varianz führen.



In der Arbeit wurde verdeutlicht, dass geschlossene Aufgaben, die zur Einschätzung von Schülervorstellungen zur Evolution genutzt werden oftmals nicht das prüfen, was sie vorgeben zu externalisieren. Zudem zeigte sich, dass insbesondere Aufgaben, die Schülervorstellungen als Distraktoren beinhalten, nicht nach allgemeinen Standards entwickelt und beurteilt werden können, sondern individuell auf das Verständnis und die Vorstellungen der Schüler in dem entsprechenden Themenbereich ausgerichtet werden müssen.

Die Aufgaben wurden auf der Grundlage der Ergebnisse verändert. Hinweise, die sich für alternative Aufgaben ergaben, wurden theoretisch diskutiert und jeweils praktisch in einer überarbeiteten Aufgabenversion umgesetzt. Für die quantitative Weiterentwicklung der Aufgaben im Hinblick auf ein vollständiges Testinstrument wird die Entwicklung nach Verfahren der Item-Response-Theorie vorgeschlagen, bei denen einzelne Antwortoptionen berücksichtigt werden. Die Aufgaben, die in dieser Arbeit genauer untersucht wurden, können in der überarbeiteten Form auch einzeln in den Unterricht eingebunden werden und als Diskussionsgrundlage dienen.

## Literaturverzeichnis

- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72 (2), 175-184.
- Abrams, E. & Southerland, S. (2001). The how's and why's of biological change: how learners neglect physical mechanisms in their search for meaning. *International Journal of Science Education*, 23 (12), 1271-1281.
- Ahmed, A. & Pollitt, A. (2001). Improving the validity of contextualised questions. *Paper presented at the BERA Conference, Leeds*.
- Alonso-Tapia, J. (2002). Knowledge assessment and conceptual understanding. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice* (S. 389-413). Dordrecht: Kluwer.
- Alters, B. J. & Nelson, C. E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56 (10), 1891-1901.
- American Educational Research Association (AERA), American Psychological Association (APA), National Council on Measurement in Education (NCME) (1999): *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC.
- Anderson, R. C., Reynolds, R. E., Schallert, D. L. & Goetz, E.T. (1977). Frameworks for comprehending discourse. *American Educational Research Journal*, 14, 367-381.
- Anderson, D. L., Fisher, K. M. & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the Conceptual Inventory of natural selection. *Journal of Research of Science Teaching*, 39 (10), 952-978.
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Anus, S. & Melle, I. (2013). Diagnose und individuelle Förderung in der Sekundarstufe I am Beispiel des Faches Chemie. In S. Hußman & C. Selter (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT* (S. 131-149). Münster: Waxmann.

- Archer, R. & Bates, S. (2009). Asking the right question: Developing diagnostic tests in undergraduate physics. *New Directions*, 5, 22-25.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1980). *Psychologie des Unterrichts*. Weinheim: Beltz.
- Arslan, H. O., Cigdemoglu, C. & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34 (11), 1667-1686.
- Artelt, C., Schiefele, U. & Schneider, W. (2001). Predictors of reading literacy. *European Journal of Psychology of Education*, 16 (3), 363-383.
- Asterhan, C. S. C. & Schwarz, B. B. (2007). The effects of monological and dialogical argumentation on concept learning of evolutionary theory. *Journal of Educational Psychology*, 99 (3), 626-639.
- Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7-28.
- Baalmann, W., Frerichs, V. & Kattmann, U. (2005). Genetik im Kontext von Evolution. Oder: Warum die Gorillas schwarz wurden. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 58 (7), 420-427.
- Bahar, M., Johnstone, A. H. & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33 (3), 134-141.
- Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 3 (1), 55-64.
- Ballstaedt, S.-P. (2006). Zusammenfassen von Textinformationen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 117-126). Göttingen: Hogrefe.
- Banet, E. & Ayuso, G. E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, 25 (3), 373-407.

- Basel, N., Harms, U. & Prechtel, H. (2013). Analysis of students' arguments on evolutionary theory. *Journal of Biological Education*, 47 (4), 192-199.
- Baum, D. A., DeWitt Smith, S. & Donovan, S.S.S. (2005). The tree-thinking challenge. *Science*, 310, 979-980.
- Battisti, B. T., Hanegan, N. & Sudweeks, R. (2010). Using item response theory to conduct a distracter analysis on conceptual inventory of natural selection. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 845-868.
- Bayrhuber, H., Schletter, J. C. & Aschermann, E. (1999). Untersuchungen zu Schüler- vorstellungen zu Biologie und Physik. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessensforschung* (S. 11-28). Kiel: IPN.
- Beardsley, P. M. (2004). Middle school student learning in evolution: Are current standards achievable? *The American Biology Teacher*, 66 (9), 604-612.
- Bennett, R. E., Rock, D. A. & Wang, M. (1991). Equivalence of free-response and multiple-choice items. *Journal of Educational Measurement*, 28 (1), 77-92.
- Bennett, R. E. (1993). On the meaning of constructed response. In R. E. Bennett & W. C. Ward (Hrsg.), *Construction versus choice in cognitive measurement. Issues in constructed response, performance testing, and portfolio assessment* (S. 1-27). New York: Routledge.
- Betts, L. R., Elder, T. J., Hartley, J. & Trueman, M. (2009). Does correction for guessing reduce student's performance on multiple-choice examinations? Yes? No? Sometimes? *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 34 (1), 1-15.
- Berck, K.-H. & Graf, G. (2003). *Biologiedidaktik von A bis Z*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Berck, K.-H. & Graf, G. (2010). *Biologiedidaktik. Grundlagen und Methoden* (4. Aufl.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Biere, B. U. (1991). *Textverstehen und Textverständlichkeit. Studienbibliographien Sprachwissenschaft 2*. Heidelberg: Julius Groos Verlag.
- Birns, J. H., Joffre, K. A., Leclerc, J. F. & Paulsen, C. A. (2002). Getting the whole picture: Collecting usability data using two methods – concurrent think aloud and ret-

- rospective probing. *Paper presented at the 11<sup>th</sup> Annual Meeting of the Usability Professionals' Association*, Orlando, FL.
- Bishop, B.A. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Science Teaching*, 27, 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.
- Black, P. & Wiliam, D. (2010). Inside the black Box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, 92 (1), 81-90.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. Handbook I: The cognitive domain*. New York: David Mc Kay Company.
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 689-704.
- Bowling, B. V., Acra, E. E., Wang, L., Myers, M. F., Dean, G. E., Markle, G. C., Moskalik, C. L. & Huether, C. A. (2008). Development and evaluation of a genetics literacy assessment instrument for undergraduates. *Genetics*, 178, 15-22.
- Bridgeman, B. (1992). A comparison of quantitative questions in open-ended and multiple-choice formats. *Journal of Educational Measurement*, 29 (3), 253-271.
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C. & Schwab, C. & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, 11 (1), 33-63.
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13 (2), 119-122.
- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68 (4), 493-503.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). München: Pearson.
- Burton, S. J., Sudweeks, R. R., Merrill, P. F. & Wood, B. (1991). *How to prepare better multiple-choice test items: Guidelines for University Faculty*. Brigham Young

- University Testing Services and the Department of Instructional Science, <http://testing.byu.edu/info/handbooks.php>, Stand 29.09.2013.
- Burton, R. F. (2001). Quantifying the effects of chance in multiple-choice and true/false tests: question selection and guessing of answers. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 26 (1), 41-50.
- Burton, R.F. (2004). Multiple-choice and true/false tests: reliability measures and some implications of negative marking. *Assessment and Evaluation in Higher Education*. 29, 587-595.
- Bush, M. E. (2001). A multiple-choice test that rewards partial knowledge. *Journal of Further and Higher Education*, 25 (2), 157-163.
- Bush, M. E. (2006). Quality assurance of multiple-choice tests. *Quality Assurance in Education*, 14 (4), 393-404.
- Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010a). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of student's alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313-337.
- Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010b). Development and Application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32 (7), 939-961.
- Cannell, C.F. & Kahn, R.L. (1968). Interviewing. In G. Lindzey & E. Aronson (Hrsg.), *Handbook of Social Psychology* (2. Aufl., S. 526-595). Massachusetts: Addison-Wesley.
- Castéra, J., Bruguère, C. & Clément, P. (2008). Genetic diseases in French secondary school biology textbooks (for students aged 15-18): a study of genetic determinism models. In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. Tunnicliffe (Hrsg.), *Biology in context. Learning and teaching for the twenty-first century* (S. 227-238). London: Institute of Education.
- Catley, K. M. (2006). Darwin's missing link – A novel paradigm for evolution education. *Science Education*, 90, 767-783.
- Catz, K. N., Lenz, L. & Middaugh, E. (2010). Addressing misconceptions in evolution at the high school level. *Paper presented at the 2010 NARST Conference*, Philadelphia, PA.

- Charles, E. S., d'Apollonia, S. T. (2004). Developing a conceptual framework to explain emergent causality: Overcoming ontological beliefs to achieve conceptual change. In K. Forbus, D. Gentner & T. Reiger (Hrsg.), *Proceedings of the 26th Annual Cognitive Science Society* (S. 210-215). Mahwah: Lawrence Earlbaum Associates.
- Cheung, D. & Bucat, R. (2002). How can we construct good multiple-choice items? *Paper presented at the Science and Technology Conference, Hong Kong.*
- 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, 27-43.
- Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice* (S. 5-27). Dordrecht: Kluwer.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14 (2), 161-199.
- Chin, C. & Teou, L.-Y. (2010). Formative assessment: Using concept cartoon, pupils' drawings, and group discussions to tackle children's ideas about biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 44 (3), 108-115.
- Chiu, M.-H., Chou, C.-C. & Liu, J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (8), 688-712.
- Christmann, U. (2004). Verstehens- und Verständlichkeitsmessung: Methodische Ansätze der Anwendungsforschung. In K. D. Lerch (Hrsg.), *Die Sprache des Rechts, (Bd.1): Recht verstehen* (S. 33-62). Berlin: de Gruyter.
- Christmann, U. & Groeben, N. (1996). Reflexivity and learning: Problems, perspectives and solutions. In J. Valsiner, & H.-G. Voss (Hrsg.), *The structure of learning processes* (S. 45-85). Norwood: Ablex.
- 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, 554-565.
- Clerk, D. & Rutherford, M. (2000). Language as a confounding variable in the diagnosis of misconceptions. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 703-717.

- Conradty, C. & Bogner, F. X. (2010). Implementation of concept mapping to novices: reasons for errors, a matter of technique or content? *Educational Studies*, 36 (1), 47-58.
- Coombs, C. H., Milholland, J. E. & Womer, F. B. (1956). The assessment of partial knowledge. *Educational and Psychological Measurement*, 16 (1), 13-37.
- Creedy, L. J. (1993). Student understandings of natural selection. *Research in Science Education*, 23, 34-41.
- Crisp, V. & Shaw, S. (2012). Applying methods to evaluate construct validity in the context of A level assessment. *Educational Studies*, 38 (2), 209-222.
- Cunningham, D. L. & Wescott, D. J. (2009). Still more “fancy” and “myth” than “fact” in students’ conceptions of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 505-517.
- Dannemann, S. & Krüger, D. (2009). Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstruments für Schülervorstellungen zum Sehen und zur Wahrnehmung. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* 8, 39-54.
- Dannemann, S. & Krüger, D. (2010). Evaluation eines Aufgabeninventars zur Ermittlung von Schülervorstellungen zum Sehen. In U. Harms & I. Mackensen-Friedrich (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 4, S. 134-157). Innsbruck: Studienverlag.
- d’Apollonia, S. T., Charles, E. S. & Boyd, G. M. (2004). Acquisition of complex system thinking: mental models of evolution. *Educational Research and Evaluation*, 10 (4-6), 499-521.
- D’Avanzo, C. (2008). Biology Concept Inventories: Overview, status and next steps. *BioScience*, 58 (11), 1079-1085.
- Davies, P. (2002). “There’s no Confidence in Multiple-Choice Testing, .....
- ”
- Proceedings of 6th CAA Conference*
- . Loughborough: Loughborough University.
- Dawson, V. & Schibeci, R. (2003). Western Australian school students’ understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25 (1), 57-69.
- 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.



- Demastes, S.S., Good, R.G. & Peebles, P. (1995a). Students' conceptual ecologies and the process conceptual change in evolution. *Science Education*, 79 (6), 637-666.
- Demastes, S. S., Good, R.G. & Peebles, P. (1995b). 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.
- Demastes, S. S., Good, R. G. & Peebles, P. (1996). Patterns of change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (4), 407-431.
- Demastes-Southerland, S. (1994). *Factors influencing conceptual change in evolution: A longitudinal, multicase study*. Dissertation, Louisiana State University.
- Deppermann, A. (2008). Verstehen im Gespräch. In M. L. Eichinger & H. Kämper (Hrsg.), *Sprache – Kognition – Kultur* (S. 225-261). Berlin: de Gruyter.
- Desimone, L. M. & Le Foch, K. C. (2004). Are we asking the right questions? Using cognitive interviews to improve surveys in educational research. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 26 (1), 1-22.
- Diekmann, A. (2007). *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendung*. Reinbek: Rowohlt.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Putall (Hrsg.), *Constructivism in the computer age* (S. 49-70). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35 (3), 125-129.
- Dougherty, M. J. (2009). Closing the gap: Inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. *The American Journal of Human Genetics*, 85 (1), 6-12.
- Dörfler, T., Golke, S. & Artelt, C. (2010). Dynamisches Testen der Lesekompetenz. Theoretische Grundlagen, Konzeption und Testentwicklung. Projekt dynamisches Testen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 154-164.
- Dufresne, R. J., Leonard, W. J. & Gerace, W. J. (2002). Making sense of students' answers to multiple-choice questions. *The Physics Teacher*, 40, 174-180.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), 905-923.

- Duit, R. & Mayer, J. (1999). Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessensforschung. In Duit, R. & Mayer, J. (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessensforschung* (S. 7-10). Kiel: IPN.
- 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.
- Dutke, S. (2000). Multiple representations and individual differences in generating mental models: the case of text comprehension. In von U. Hecker, S. Dutke & G. Sedek (Hrsg.), *Generative mental processes and cognitive resources: Integrative research on adaption and control* (S. 67-93). Dordrecht: Kluwer.
- Eckert, A. (1998). *Kognition und Wissensdiagnose. Die Entwicklung und empirische Überprüfung des computergestützten wissensdiagnostischen Instrumentariums Netzwerk-Elaborierungs-Technik (NET)*. Lengerich: Pabst.
- Einsiedler, W. (1996). Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42 (2), 167-191.
- Einsiedler, W. (2011). Was ist Didaktische Entwicklungsforschung? In W. Einsiedler (Hrsg.), *Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung* (S. 41-70). Kempten: Klinkhardt.
- Ekici, F., Ekici, E. & Aydin, F. (2007). Utility of concept cartoons in diagnosing and overcoming misconceptions related to photosynthesis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2 (4), 111-124.
- Elrod, (2007). *The genetics concept inventory*. <http://bioliteracy.colorado.edu/Readings/papersSubmittedPDF/Elrod.pdf>, Stand: 28.11.2013.
- Embretson, S. E. (1998): A cognitive design system approach to generating valid tests: Application to abstract reasoning. *Psychological Methods*, 3 (3), 380-396.
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985a). How secondary students interpret instances of biological adaption. *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Engel Clough, E. & Wood-Robinson, C. (1985b). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19 (4), 304-310.

- Engel Clough, E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70 (4), 473-496.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis: verbal reports as data*. Cambridge: MIT Press.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D. (2003). *Fachdidaktik Biologie* (6. Aufl.). Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Fan, X. (1998). Item response theory and classical test theory: an empirical comparison of their item/person statistics. *Educational and Psychological Measurement*, 58 (3), 357-381.
- Fenner, A. (2013). *Schülervorstellungen zur Evolutionstheorie, Konzeption und Evaluation von Unterricht zur Anpassung durch Selektion*. Dissertation, Justus-Liebig Universität Gießen.
- Ferrara, S., Duncan, T. G., Freed, R., Velez-Paschke, A., Mc Givern, J., Mushlin, S., Mattessich, A., Rogers, A. & Westphalen, K. (2004). Examining test score validity by examining item construct validity. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, San Diego, CA.
- Ferrari, M. & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naive explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 10, 1231-1256.
- Fischer, S. & Graf, D. (2012). Entwicklung von Diagnoseaufgaben zum Anpassungsprozess und zur Vererbung - Projektskizze. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 11*, 129-144.
- Fischer, S., Jelemenská, P. & Graf, D. (2013). Concept-Maps und Multiple-Choice Aufgaben im Lehramtsstudium und im Biologieunterricht. In S. Hußmann & C. Selter (Hrsg.), *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT* (S. 115-130). Münster: Waxmann.
- Fischler, H. & Peuckert, J. (2000). Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 1-21). Berlin: Logos.
- Fisher, R. J. (1993). Social desirability bias and the validity of indirect questioning. *Journal of Consumer Research*, 20 (2), 303-315.

- Fisher, K., Wandersee, J. H. & Moody, D. E. (2000). *Mapping biology knowledge*. Dordrecht: Kluwer.
- Fisher, K. M. & Williams, K.S. (2012). *Concept Inventories/ Conceptual Assessments in Biology (CABS): An annotated list*.  
[http://www.sci.sdsu.edu/CRMSE/files/Concept\\_Inventories\\_in\\_Biology\\_20110325.pdf](http://www.sci.sdsu.edu/CRMSE/files/Concept_Inventories_in_Biology_20110325.pdf), Stand: 03.08.2013.
- Fisseni, H.-J. (2004): *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik* (3. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Flick, U. (2005): *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Reinbek: Rowohlt.
- Flynn, L. R. & Goldsmith, R. E. (1999). A short, reliable measure of subjective knowledge. *Journal of Business Research*, 46, 57-66.
- Forum Bildung (2002). *Empfehlung des Forum Bildung*. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Frary, R. B. (1995). More multiple-choice item writing do's and don'ts. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4 (11), (online).
- Frerichs, V. (1999). *Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zu den Strukturen und Prozessen der Vererbung - ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Friederici, A. D. (1998). Wissensrepräsentationen und Sprachverstehen. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, C/II/Bd. 6, Wissen* (S. 249-273). Göttingen: Hogrefe.
- Fritz, G. & Hundsnurscher, F. (1975): Sprechaktsequenzen. Überlegungen zur Vorwurfs-Rechtfertigungs-Interaktion. *Der Deutschunterricht*, 27, 81-103.
- Furnham, A. (1992). Lay understanding of science: Young people and adults' ideas of scientific concepts. *Studies in Science Education*, 20, 29-64.
- Gardner-Medwin, A. R. (2006). Confidence-based marking. In C. Bryan & K. Clegg (Hrsg.), *Innovative Assessment in Higher Education* (S. 141-149). London: Routledge.
- Garvin-Doxas, K. & Klymkowsky, M. W. (2008). Understanding randomness and its impact on student learning: lessons learned from building the Biology Concept Inventory (BCI). *CBE – Life Sciences Education*, 7, 227-233.

- Gauld, C. & Ryan, K. (1983). An interview study of responses to diagnostic, multiple-choice, physics items. *Research in Science Education*, 13, 37-43.
- Gebhard, U. & R. Mielke (2001). *Selbstkonzeptrelevante Aspekte der Gentechnik*. Bielefelder Arbeiten zur Sozialpsychologie 200.
- Geraedts, C. L. & Boersma, K. T. (2006). Reinventing Natural Selection, *International Journal of Science Education*, 28 (8), 843-870.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (2000). *Konstruktivistische Ansätze in der Psychologie*. München: Universität, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik.
- Graf, D. (2001): Welche Aufgabentypen gibt es? *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 54, 422-425.
- Graf, D. (2008). Kreationismus vor den Toren des Biologieunterrichts? Einstellungen und Vorstellungen zur „Evolution“. In C. Antweiler, C. Lammers & N. Thies (Hrsg.), *Die unerschöpfte Theorie. Evolution und Kreationismus in Wissenschaft und Gesellschaft* (S. 17-38). Aschaffenburg: Alibri Verlag.
- Graf, D. (2009a). Concept Mapping als Instrument zur Wissensdiagnostik. *Unterricht Biologie*, 347/348, 66-69.
- Graf, D. (2009b). Evolution – das Rückgrat der Biologie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. Sonderheft Evolution*, 3-4.
- Graf, D., Richter, T. & Witte, K. (2009). Einstellungen von Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zur Evolution. In U. Harms, F. X. Bogner, D. Graf, H. Gropengießer, D. Krüger, J. Mayer, B. Neuhaus, H. Prechtel, A. Sandmann & A. Upmeyer zu Belzen (Hrsg.), *Heterogenität erfassen – individuell fördern im Biologieunterricht. Bericht zur Internationalen Tagung der FDdB* (S. 262-263), Kiel.
- Graf, D. & Hamdorf, E. (2011). Evolution: Verbreitete Fehlvorstellungen zu einem zentralen Thema. In D. Dresmann, D. Graf & K. Witte (Hrsg.), *Evolutionstheorie: Moderne Themen für den Unterricht* (S. 25-41). Heidelberg: Springer.
- Greene, E. D. (1990). The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (9), 875-885.
- Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education & Outreach*, 2, 156-175.

- Gregory, T. R. & Ellis, C. A. J. (2009). Conceptions of evolution among science graduate students. *BioScience*, 59 (9), 792-799.
- Griffard, P. B. & Wandersee, J. H. (2001): The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? *International Journal of Science Education*, 23 (10), 1039-1052.
- Gruehn, S. (2000): *Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Gronlund, N. E. (1993). *How to make achievement tests and assessments*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Glaeser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172-189). Weinheim: Beltz.
- Gropengießer, H., Kattmann, U. & Krüger, D. (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Groß, J. (2007). *Biologie verstehen: Wirkung außerschulischer Lernangebote*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Grzesik, J. (1990). *Textverstehen lernen und lehren. Geistige Operationen im Prozess des Textverstehens und typische Methoden für die Schulung zum kompetenten Leser. Grundlagentexte Schulpädagogik*. Stuttgart: Klett.
- Hackling, M. W. & Treagust, D. F. (1982). What lower secondary students should understand about the mechanism of inheritance and what they do understand following instruction. *Research in Science Education*, 12, 78-88.
- Hagman, M. Olander, C. & Wallin, A. (2003). Research-based teaching about biological evolution. In J. Lewis, A. Margo & L. Simmonaux (Hrsg.), *Biological education for the real world. Student – Teacher – Citizen. Proceedings of the IV Conference of European Researchers in Didactic of Biology (ERIDOB)* (S.105-119), Toulouse.
- Haladyna, T. M., Downing, S. M. & Rodriguez, M. C. (2002). A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education*, 15 (3), 309-334.

- Halldén, O. (1988). The evolution of species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10 (5), 541-552.
- Hamilton, L. S., Nussbaum, E. M., & Snow, R. E. (1997). Interview procedures for validating science assessments. *Applied Measurement in Education*, 10 (2), 181-200.
- Hancock, G. R. (1994). Cognitive complexity and the comparability of multiple-choice and constructed-response test formats. *The Journal of Experimental Education*, 62 (2), 143-157.
- Harlen, W. & James, M. (1997). Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education*, 4 (3), 365-379.
- Harlow, A. & Jones, A. (2004). Why students answer TIMSS science test items the way they do. *Research in Science Education*, 34, 221-238.
- Haslam, F. & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary student's misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21 (3), 203-211.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lehren und Lernen*. (3. Aufl.), Stuttgart: Kohlhammer.
- Heinen, S. (2001). *Der Einfluss von Vorwissen, Interesse und Arbeitsgedächtniskapazität auf die mentale Repräsentation von Texten*. Dissertation, Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft der Universität Bielefeld.
- Helfferich, C. (2009). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. Wiesbaden: VS/ GWV.
- Helmke, A. (2005): *Unterrichtsqualität – erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2010). Merkmale der Unterrichtsqualität: Potential, Reichweite und Grenzen. In B. Schaal & B. Huber (Hrsg.), *Qualitätssicherung im Bildungswesen: Auftrag und Anspruch der bayrischen Qualitätsagentur* (S. 69-108). Münster: Waxmann.

- Henle, M. (1962). On the relation between logic and thinking. *Psychological Review*, 69 (4), 366-378.
- Henson, K., Cooper, M.M.; Klymkowski, M.W. (2012). Turning randomness into meaning at the molecular level using Muller's morphs. *Biology Open*, 1(4), 405-410.
- Heredia, S., Furtak, E. M. & Morrison, D. (2012). Item context: How organisms used to frame natural selection items influence student response choices. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research on Science Teaching*, Indianapolis, IN.
- Hermann-Abell, C. F. & DeBoer, G. E. (2011). Using distractor-driven standards-based multiple-choice assessments and Rasch modeling to investigate hierarchies of chemistry misconceptions and detect structural problems with individual items. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 184-192.
- Hernandez-Rivera, V. (1993). Development of a diagnostic test to detect misconceptions in Mendelian genetics and meiosis. In J. Novak (Hrsg.), *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Holzäpfel, L., Schwonke, R., Glogger, I., Nückles, M., & Renkl, A. (2010). Das Richtige diagnostizieren und richtig fördern. Zum Beispiel: Das Lerntagebuch. *Schulmagazin 5-10*, 55-58.
- Hesse, I. & Latzko, B. (2009). *Diagnostik für Lehrkräfte*. Opladen: Budrich.
- Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to March 1995 critique by Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.
- Humphreys, J. (1996). Lamarck and the general theory of evolution. *Journal of Biological Education*, 30 (4), 295-303.
- Hutchinson, T.P. (1991). *Ability, partial information, guessing: Statistical modeling applied to multiple-choice tests*. Adelaide: Rumsby Scientific.



- Hußmann, S., Leuders, T. & Prediger, S. (2007). Schülerleistungen verstehen – Diagnose im Alltag. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 49 (15), 1-8.
- Hußmann, S. & Selter, C. (2013). *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT*. Münster: Waxmann.
- Huxham, M., Campell, F. & Westwood, J. (2012). Oral versus written assessments: a test of student performance and attitudes. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37 (1), 125-136.
- Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2005). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*. Weinheim: Beltz.
- Jacobson, M. J. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. *Complexity*, 6 (3), 41-49.
- Janssen, J. & W. Laatz (2013). *Statistische Datenanalyse mit SPSS - eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul exakte Tests*. (8. Aufl.). Berlin: Springer.
- Jelemenská, P. (2006a). *Biologie verstehen: Ökologische Einheiten*. Didaktisches Zentrum der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, Band 12.
- Jelemenská, P. (2006b). Wie kann man Kompetenzen im Bereich Ökologie erfassen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 53-70.
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1995). Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79 (2), 147-166.
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (8), 879-900.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. & Fernández-Pérez, J. (1987). Selection or adjustment? Explanations of university biology students for natural selection problems. In J. D. Novak (Hrsg.), *Proceedings of the Second International on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (2. Aufl.), Ithaca: Cornell University.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories?: a classroom study with natural selection, *International Journal of Science Education*, 14 (1), 51-61.

- Jiménez-Aleixandre, M.P., Amir, R., Brody, M.J., Tamir, P., Tomkiewicz, W. (1996). The nature of knowledge in biology and its implications for teaching and learning. In K. M. Fisher & M. R. Kibby (Hrsg.), *Knowledge acquisition organization, and use in biology* (S. 1-24). Berlin: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Bugallo Rodríguez, A. & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84 (6), 757-792.
- Johannsen, M. & Krüger, D. (2005). Schülervorstellungen zu Evolution – eine quantitative Studie. *IDB Münster – Ber. Inst. Didaktik der Biologie*, 14, 23-48.
- Johnston, A. T. & S. A. Southerland (2000). A reconsideration of science misconceptions using ontological categories. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans, Louisiana.
- Jonkisz, E., Moosbrugger, H. & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 27-74). Heidelberg: Springer.
- Jost, D. (2010). *Textverstehen von Hauptschülern der fünften Jahrgangsstufe. Eine explorative Studie und zwei Trainingsstudien*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- Julliard, R., Clavel, J., Devictor, V., Jiguet, F. & Couvet, D. (2006). Spatial segregation of specialists and generalists in bird communities. *Ecology Letters*, 9, 1237-1244.
- Jungwirth, E. (1975). Preconceived adaption and inverted evolution. *Australian Science Teachers Journal*, 21 (2), 95-100.
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., Andrews, T. M. (2010). Nothing in evolution makes sense except in the light of DNA. *CBE Life Science Education*, 9 (2), 87-97.
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., Andrews, T. M. & Litt, A. R. (2013). Six classroom exercises to teach natural selection to undergraduate biology students. *CBE Life Science Education*, 12 (3), 483-493.
- Kampourakis, K. & Zogza, V. (2007). Students' preconceptions about evolution: Comments on the Accuracy of characterization „Lamarckian“ in connection with the history of evolutionary thought. *Science and Education*, 16 (3-5), 393-422.

- Kaplan, R. M. & Saccuzzo, D. P. (2009). *Psychological testing. Principles, applications, and issues*. Belmont: Wadsworth.
- Kappeler, P. (2006). *Verhaltensbiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kargbo, D. B., Hobbs, E. D. & Erickson, G. L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14 (2), 137-146.
- Kastner, M. & Stangla, B. (2011). Multiple Choice and Constructed Response Tests: Do Test Format and Scoring Matter? *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12, 263-273.
- Kattmann, U. (1992). Evolution im Unterricht. *Unterricht Biologie* 179, 16, 44-48.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Unterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1, 29-42.
- Kattmann, U. (2000). Evolutionsgenetik. *Unterricht Biologie* 260, 24, 4-11.
- 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. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 93-104). Heidelberg: Springer.
- Kattmann, U., Baalman, W., Janßen-Bartels, A. (2007a). Gene, Merkmale, Rekombination. *Unterricht Biologie*, 31, 24.
- Kattmann, U., Baalman, W., Janßen-Bartels, A. (2007b). Unterrichtsbeispiel: „Der Fall Birkenspanner“. *Unterricht Biologie*, 31, 4.
- Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. Tunnicliffe (Hrsg.), *Biology in context. Learning and teaching for the twenty-first century* (S. 7-17). London: Institute of Education.
- Katz, I.R., Bennett, E. & Berger, A.E. (2000): Effects of response format on difficulty of SAT-Mathematics Items: It's not the strategy. *Journal of Educational Measurement*, 37, 39-57.
- Kehoe, J. (1995). Writing multiple-choice test items. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4 (9), online.

- Kelemen, D. & Rosset, E. (2009). The human function compunction: teleological explanations in adults, *Cognition*, 111, 138-143.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 431-446.
- Kibuka-Sebitosi, E. (2007). Understanding genetics and inheritance in rural schools. *Journal of Biological Education*, 41 (2), 56-61.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory and learning. *American Psychologist*, 49 (4), 294-303.
- Kintsch, W. & Ericsson, A. (1996). Die kognitive Funktion des Gedächtnisses. In Albert, D. & Graz, A. (Hrsg.) *Enzyklopädie der Psychologie, C/II/Bd. 4, Gedächtnis* (S. 541-601). Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (1987). *Kriteriumsorientierte Tests. Lehrbuch der Theorie und Praxis lehrzielorientierten Messens*. Göttingen: Hogrefe.
- Klauer, K. J. (2001). Wie misst man Schulleistungen? In F. E. Weinert (Hrsg.) *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 103-115). Weinheim: Beltz.
- Kliemann, S. (2010): Diagnostizieren und Fördern. Im Fokus: pädagogische Diagnose und Selbstbeobachtung. *Schulmagazin 5-10*, 78 (3), 7-10.
- Klieme, E., Rost, J., Reiss, K., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Vollmer, H. J. & Tenorth, H.-E. (2007). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Eine Expertise. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Klippert, H. (2008). *Besser lernen. Kompetenzvermittlung und Schüleraktivierung im Schulalltag*. Stuttgart: Klett.
- Klippert, H. (2012). *Heterogenität im Klassenzimmer. Wie Lehrkräfte effektiv und zeitsparend damit umgehen können* (2. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Kluwe, R. (1988). Methoden der Psychologie zur Gewinnung von Daten über menschliches Wissen. In H. Mandl & H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 359- 385). München/Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Klymkowsky, M. W. & Garvin-Doxas, K. (2008). Recognizing student misconceptions through Ed's Tools and the Biology Concept Inventory. *PLoS Biology*, 6 (1), 14-17.

- KMK (2004). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, hrsg. Vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik (online).
- Knapp, W. (2008): Die Inhaltsanalyse aus linguistischer Sicht. In Mayring, P. & G. Gläser-Zikuda (Hrsg.): Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse. Weinheim: Beltz.
- Knight, J. K. (2010). Biology concept assessment tools: design and use. *Microbiology Australia*, 31 (1), 5-8.
- Kobayashi, M. (2002). Method effects on reading comprehension test performance: text organization and response format. *Language Testing*, 19 (2), 193-220.
- Kolbitsch, J., Ebner, M., Nagler, W. & Scerbakov, N. (2008). Can confidence assessment enhance traditional multiple-choice testing? *Paper presents at the International Conference of Interactive Computer Aided Learning*, Villach, Austria.
- Koslowski, F. & Zabel, J. (2013). Schülerperspektiven im Klassenraum schnell erfassen: Ein Diagnoseinstrument für den Evolutionsunterricht. In J. Mayer, M. Hammann, N. Wellnitz, J. Arnold & M. Werner (Hrsg.), *Theorie, Empirie, Praxis. 19. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBiO*. Kassel. Kassel: kassel university press.
- Krainer, K. & Stern, T. (2008). „Aufgaben stellen Lehrkräfte vor große Aufgaben“ oder: die Bedeutung der Aufgaben in der Fortbildung. In J. Thonhauser (Hrsg.) *Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen* (S. 119-218). Münster: Waxmann.
- Krell, M., Czeskleba, A. & Krüger, D. (2012). Validierung von Forced Choice-Aufgaben durch Lautes Denken. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11.
- Kretschmann, R. (2006). Schüler beobachten und fördern. Voraussetzungen für eine individuelle Förderplanung. In D. Berntzen, I.-L. Rabenow, E. Stiller & S. Krüger (Hrsg.), *Pädagogische Diagnostik und Individuelle Förderung. Dokumentation der Tagung vom 09.12.2004*. Münster: Zentrum für Lehrerbildung.
- Kretschmann, R. (2008). Individuelles Fördern. Von der Förderdiagnose zum Förderplan. *Schulmagazin 5-10*, 4, 5-8.
- 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: Springer.

- Krüger, D. & Meyfarth, S. (2009). Binnen – kurzer Zeit – differenzieren. *Unterricht Biologie* 347/348, 33, 2-10.
- Krüger, D. & Vogt, H. (2007). Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 1-7). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kubinger, K. D., Holocher-Ertl, S., Reif, M., Hohensinn, C. & Frebort, M. (2010). On minimizing guessing effects on multiple-choice items: superiority of a two solutions and three distractors items format to a one solution and five distractors item format. *International Journal of Selection and Assessment*, 18 (1), 111-115.
- Kuechler, W. L. & Simkin, M. G. (2003). How well do multiple-choice tests evaluate student understanding in computer programming classes? *Journal of Information Systems Education*, 14 (4), 389-400.
- Kuechler, W. L. & Simkin, M. G. (2010). Why Is Performance on Multiple-Choice Tests and Constructed-Response Tests Not More Closely Related? Theory and an Empirical Test. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 8 (1), 55-73.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94 (5), 810-824.
- Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15, 309-325.
- Kunze, I. (2009). Begründungen und Problembereiche individueller Förderung in der Schule – Vorüberlegungen zu einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II* (S. 13-25). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Kunze, I. (2010). Begründungen und Problembereiche individueller Förderung in der Schule – Vorüberlegungen zu einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II* (S. 13-25). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Kurtze, W. (1983). Melanismus und Industriemelanismus. *Unterricht Biologie*, 7 (80), 45-52.
- Lakoff, G. (1990). *Women, Fire and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. Chicago. London: University of Chicago Press.

- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy In the flesh. The embodied mind and its challenge to western thought*. New York: Basic Books.
- Lammert, N. (2012). *Akzeptanz, Vorstellungen und Wissen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu Evolution und Wissenschaft*. Dissertation, Technische Universität Dortmund.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch*. Weinheim: Beltz.
- Langfeldt, H.-P. & Tent, L. (1999). *Pädagogisch-psychologische Diagnostik. Anwendungsbereiche und Praxisfelder (Band 2)*, Hogrefe: Göttingen.
- 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.
- Lee, H.- S., Liu, O. L. & Linn, M. C. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education*, 24, 115-136.
- Leighton, J.P. (2004): Avoiding misconceptions, misuse, and missed opportunities: The collection of verbal reports in educational achievement testing. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 23 (4), 6-15.
- Leighton, J. P. & Gokiart, R. J. (2005). The cognitive effects of test item features: Informing item generation by identifying construct irrelevant variance. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education*, Montreal, Quebec, Canada.
- Lenz, P. (2006). Überlegungen zur Sprachkompetenzbeschreibung und Testvalidierung im Projekt HarmoS/Fremdsprachen. *Bulletin Vals-Asla*, 84, 191-227.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34 (2), 74-79.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C. (2000b). What's in a cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34 (3), 129-132.

- Lewis, J. & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26 (2), 195-206.
- Lin, S.-Y, & Singh, C. (2013). Can free-response questions be approximated by multiple-choice equivalents? *American Journal of Physics*, 81 (8), 624-629.
- Loevinger, J. (1957). Objective tests as instruments of psychological theory. *Psychological Reports*, 3, 635-694.
- Lundeberg, M.A., Fox, P.W. & Punchochar, J. (1994). Highly confident but wrong: gender differences and similarities in confidence judgements. *Journal of Educational Psychology*, 86 (1), 114-121.
- MacFadden, B. J., Dunckel, B. A., Ellis, S., Dierking, L. D., Abraham-Silver, L., Kiesil, J. & Koke, J. (2007). Natural history museum visitors understanding of evolution. *BioScience*, 57 (10), 875-882.
- Magone, M., Cai, J., Silver, E. A., & Wang, N. (1994). Validating the cognitive complexity and content quality of a mathematics performance assessment. *International Journal of Educational Research*, 12 (3), 317-340.
- Mahadeva, M. N. & Randerson, S. (1982). Mutation Mumbo Jumbo. *The Science Teacher*, 49, 34- 38.
- Mandl, H. & Spada, H. (1988). *Wissenspsychologie*. München: Psychologie Verlags Union.
- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35 (4), 183-189.
- Marohn, A., Schmidt, H.-J. (2003). Mehrfachwahlaufgaben als Instrument zur Erforschung von Schülervorstellungen – zur Methodik der Entwicklung einer Mehrfachwahlaufgabe zum Aspekt „Stromfluss in wässrigen Lösungen“. *Chemica didactica*, 29 (91), 38-51.
- Martinez, M. E. (1999). Cognition and the question of test item format. *Educational Psychologist*, 34 (4), 207-218.
- Martins, I. & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of Science Education*, 19 (1), 47-63.



- Mayr, E. (1984). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Vielfalt, Evolution und Vererbung*. Springer: Berlin.
- Mayr, E. (1992). The idea of teleology. *Journal of the History of Ideas*, 53 (1), 117-135.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.), Weinheim: Beltz.
- Mead, L. S. & Scott, E. C. (2010a). Problem concepts in evolution part I: purpose and design. *Evolution and Outreach*, 3, 78-81.
- Mead, L. S. & Scott, E. C. (2010b). Problem concepts in evolution part II: cause and chance. *Evolution and Outreach*, 3, 261-264.
- Meier, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolgsversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 13 (2), 292-308.
- Meir, E., Perry, J., Herron, J. C. & Kingsolver, J. (2007). College students' misconceptions about evolutionary trees. *The American Biology Teacher*, 69 (7), 71-76.
- Messick, S. (1993). Trait equivalence as construct validity of score interpretation across multiple methods of measurement. In R. E. Bennett & W. C. Ward (Hrsg.), *Construction versus choice in cognitive measurement. Issues in constructed response, performance testing, and portfolio assessment*. New York: Routledge.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment. *American Psychologist*, 50 (9), 741-749.
- Merziger, P. (2010). Mit Kompetenzrastern individuell fördern. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II* (S. 57-64). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Metzger, C. & C. Nüesch (2004): Fair prüfen. Ein Qualitätsleitfaden für Prüfende an Hochschulen. In D. Euler & C. Metzger (Hrsg.), *Hochschuldidaktische Schriften* (Bd. 6.). St. Gallen: Universität St. Gallen.
- Meyerhöfer, W. (2005). *Tests im Test: Das Beispiel PISA*. Opladen: Barbara Budrich.
- Michel, L. & W. Conrad (1982). Theoretische Grundlagen psychometrischer Tests. In K. J. Groffmann & L. Michel (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie*, Göttingen: Hogrefe.

- Mietzel, G. (2007). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens* (8. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Moreno, R., Martinez, R.J., Muniz, J. (2006). New guidelines for developing multiple-choice items. *Methodology*, 2 (2), 65-72.
- Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J. & Jacobs, D. (2002). Undergraduates' understanding of evolution: ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education*, 36 (2), 65-71.
- Morris, C. (1990). Retrieval process underlying confidence in comprehension judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 223-232.
- MSW NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen – Biologie*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- MSW NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (2011). *Individuelle Förderung von der Qualitätsanalyse bis zur systematischen Unterrichtsentwicklung und Lehrerfortbildung*. [http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulentwicklung/Bildungskonferenz/Empfehlungen\\_Individuelle\\_Foerderung\\_110517\\_NEU\\_.pdf](http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulentwicklung/Bildungskonferenz/Empfehlungen_Individuelle_Foerderung_110517_NEU_.pdf), Stand 11.0.4.2014.
- Nadelson, L. S. & Southerland, S. A. (2010). Development and Preliminary Evaluation of the Measure of Understanding of Macroevolution: Introducing the MUM. *The Journal of Experimental Education*, 78, 151-190.
- Narode, R. (1987). Standardized testing for misconceptions in basic mathematics. In J. D. Novak (Hrsg.), *Proceedings of the second international seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (S. 222-333), Ithaca: Cornell University.
- Naveh-Benjamin, M., Lin., Y.-G. & McKeachie, W. J. (1995). Inferring students cognitive structures and their development using the “fill-in-the-structure” (FITS) technique. In P. D. Nichols, S. F. Chipman, R. L. Brennan (Hrsg.), *Cognitively diagnostic assessment* (S. 279-305). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Naylor, S. & Keogh, B. (2000): *Concept cartoons in science education*. Sandbach: Millgate House.

- Nehm, R. H. & Reilly, L. (2007). Biology major's knowledge and misconceptions of natural selection. *BioScience*, 57 (3), 263-272.
- Nehm R. H. & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*. 45 (10), 1131-1160.
- Nehm, R. H. & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (3), 237-256.
- Nehm, R. H., Beggrow, E.P., Opfer, J. E. & Ha, M. (2012). Reasoning about natural selection: Diagnosing contextual competency using the ACORNS Instrument. *The American Biology Teacher*, 74 (2), 92-98.
- Neumann, I., Neumann, K. & Nehm, R. (2011). Evaluating instrument quality in science education: Rasch-based analyses of a nature of science test. *International Journal of Science Education*, 33 (10), 1373-1405.
- Newman, D. L. , Kundert, D.K., Lane, D. S. & Bull, K. S. (1988). Effect of varying item order on multiple-choice test scores: importance of statistical and cognitive difficulty. *Applied Measurement in Education*, 1 (1), 89-97.
- Niebert, K. (2010). *Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Northfield, J. & Gunstone, R. (1983). Research on alternative frameworks: implications for science teacher education. *Research in Science Education*, 13, 185-191.
- Novak, J. D. & Canas, A. J. (2006). *The theory underlying concept maps and how to construct them*.  
<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMapsHQ.pdf>, Stand 15.02.2014.
- Novick, L. R. & Catley, K. M. (2012). Assessing students' understanding of macroevolution: Concerns regarding the validity of the MUM. *International Journal of Science Education*, 34 (17), 2679-2703.
- Odom, A. L. & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and os-

- mosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (1). 45-61.
- Olander, C. (2008). The reasoning of students aged 11-16 about biological evolution. In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. Tunnicliffe (Hrsg.), *Biology in context. Learning and teaching for the twenty-first century* (S. 64-74). London: Institute of Education.
- Olsen, R. V., Turmo, A. & Lie, S. (2001). Learning about student's knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, 16 (3). 403-420.
- Olson, D. R. (1977). From utterance to text: The bias of language in speech and writing. *Harvard Educational Review*, 47 (3), 257-281.
- Olson, D. R. (1994). *The world on paper. The conceptual and cognitive implications of writing and reading*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Otuka, J., Teppa, S. and Rooy, W. (2002). An international study of young people's drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36 (2), 58-64.
- Özdemir, G. & Clark, D. B. (2007). An Overview of Conceptual Change Theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3 (4), 351-361.
- Pallant, J. (2010): *SPSS Survival Manual. A step by step guide to data analysis using SPSS*. Maidenhead: Open University Press.
- Palmer, D. (1996). Students' application of a biological concept: Factors affecting consistency. *Research in Science Education*, 26 (4), 409-419.
- Palmer, D. H. (1999). Exploring the link between students' scientific and nonscientific conceptions. *Science Education*, 83, 639-653.
- Paradies, L., Linser, H. J. & Greving, J. (2011). *Diagnostizieren, Fordern und Fördern*. Berlin: Cornelsen.
- Parker, J. et al. (2008): Frameworks for reasoning and assessment in Mendelian genetics. *Paper presented at Conceptual Assessment in Biology Conference II*, Asilomar, Californien. <http://bioliteracy.colorado.edu/manuscripts08.pdf>, Stand 01.05.2014.

- Pazza, R., Penteadó, P. R. & Kavalco, F. (2010). Misconceptions about evolution in Brazilian freshman students. *Evolution: Education & Outreach*, 3, 107-113.
- Pellegrino, J. W., Chudowsky, N. & Glaser, R. (2001). *Knowing what students know. The science and design of educational assessment*. Washington: National Academic Press.
- Peter, S. I. (1997). *Kundenbindung als Marketingziel: Identifikation und Analyse zentraler Determinanten*. Wiesbaden: Gabler.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of Consumer Research*, 21 (2), 381-391.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, G. E. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-27.
- Prediger, S. & Link, M. (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung – ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Formate fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte – historische Analysen – theoretische Grundlegungen* (S. 29-46). Münster: Waxmann.
- Pressley, M. & Ghatala, E. S. (1988). Delusions about performance on multiple-choice comprehension tests. *Reading Research Quarterly*, 23 (4), 454-464.
- Prestin, E. (2001). Textoptimierung: Von der Verständlichkeit zur Intensionsadäquatheit. In L. Sichelschmidt & H. Strohner (Hrsg.), *Sprache, Sinn und Situation* (S. 223-238). Wiesbaden: Springer.
- Prinou, L. & Halkia, L. (2008). What conceptions do Greek school students form about biological evolution? *Evolution: Education and Outreach*, 1, 312-317.
- Rammstedt, B. (2004). *Zur Bestimmung der Güte von Multi-Item Skalen. Eine Einführung*, ZUMA How-to-Reihe Nr. 12. Mannheim: ZUMA.
- Ramorogo, G. & Wood-Robinson, C. (1995). Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29 (1), 60-71.
- Rebello, N. S. & Zollman, D. A. (2004). The effect of distractors on student performance on the force concept inventory. *American Journal of Physics*, 72, 116-125.

- Reimann, P. (1998). Novizen- und Expertenwissen. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, C/II/Bd. 6, Wissen* (S. 335-367). Göttingen: Hogrefe.
- Reinecke, J. (1991). *Interviewer- und Befragtenverhalten. Theoretische Ansätze und methodische Konzepte*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung. Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.) *Enzyklopädie der Psychologie, C/II/Bd. 6, Wissen* (S. 457-500). Göttingen: Hogrefe.
- Reiss, M. J. (1987). The inheritance of height: environmental influence and polygenic effects. *Journal of Biological Education*, 21 (3), 159.
- Reiss, M. J., Tunnicliffe, S. D., Anderson, A., Bartoszeck, A., Carvalho, G., Chen, S., Jarman, R., Jonsson, S., Manokore, V., Marchenko, N., Mulemwa, J., Novikova, T., Otuka, J., Teppa, S. & van Rooy, S. (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36 (2), 58-64.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78-92.
- Renkl, A. (2010). Träges Wissen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogischer Psychologie* (S. 854-858). Weinheim: Beltz.
- Retznitskaya, A., Anderson, A. C., McNurlen, C., Nguyen-Nahiel, K., Archodidou, A. & Kim, S. (2001). Influence on oral discussion on written argument. *Discourse Processes*, 32 (2-3), 155-175.
- Richman, W. L., Kielser, S., Weisband, S. & Darsgow, F. (1999). A meta-analytic study of social desirability distortion in computer-administered questionnaires, traditional questionnaires, and interviews. *Journal of Applied Psychology*, 84 (5), 754-775.
- Richter, T. & Christmann, U. (2002). Lesekompetenz: Prozessebenen und interindividuelle Unterschiede. In N. Groeben & B. Hurrelmann (Hrsg.), *Lesekompetenz. Bedingungen, Dimensionen, Funktionen* (S. 25-58). Weinheim: Juventa.
- Rickheit, G., Sichelschmidt, L. & Stroher, H. (2002). *Psycholinguistik. Die Wissenschaft vom sprachlichen Verhalten und Erleben*. Tübingen: Stauffenburg.

- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der Biologiedidaktischen Forschung* (S. 69-79). Berlin: Spektrum.
- Riemeier, T. (2010). Wie beschreiben und erklären Schüler biologische Phänomene? – Eine Analyse der Beschreibungen und Erklärungen von Schülern. In U. Harms & I. Mackensen-Friedrichs (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Bd. 4, Innsbruck: Studienverlag.
- Riemeier, T., von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J. & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 141-180.
- Robbins, J. R. & Roy, P. (2007). Identifying & correcting non-science student preconceptions through an inquiry-based, critical approach to evolution. *The American Biology Teacher*, 69 (8), 460-466.
- Robinson, K.M. (2001). The validity of verbal reports in children's subtraction. *Journal of Educational Psychology*, 93, 211-222.
- Rød, J. K., Eiksund, S. & Fjær, O. (2010). Assessment based on exercise work and multiple-choice tests. *Journal of Geography in Higher Education*, 34 (1), 141-153.
- Rodriguez, M. C. (2002). Choosing an item format. In G. Tindal & T. M. Haladyna (Hrsg.), *Large scale assessment programs for all students: Validity, technical adequacy, and implementation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rodriguez, M. C. (2003). Construct equivalence of multiple-choice and constructed-response items: a random effects synthesis of correlations. *Journal of Educational Measurement*, 40 (2), 163-184.
- Rodriguez, M. C. (2005). Three options are optimal for multiple-choice items: A meta-analysis of 80 years of research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 24 (2), 3-13.
- Ramorogo, G. & Wood-Robinson, C. (1995). Batswana children's understanding of biological inheritance. *Journal of Biological Education*, 29 (1), 60-71.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 569-600.

- Rumelhart, D. E. (1991). Understanding understanding. In W. Kessen, A. Ortony & F. Craik (Hrsg.), *Memories, thoughts and emotions. Essays in memory of George Mandler*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rumelhart, D. E. & Norman, D. A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: Three models of learning. In J. Cotton & R. Klatzky (Hrsg.), *Semantic factors in cognition*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rupp, A. A., Ferne, T. & Choi, H. (2006). How assessing reading comprehension with multiple-choice questions shapes the construct: a cognitive processing perspective. *Language Testing*, 23, 441-474.
- Rustemeyer, D. (1999). Stichwort: Konstruktivismus in der Erziehungswissenschaft. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 2 (4), 467-484.
- Rutke, U. (2006). *Schülervorstellungen und wissenschaftliche Vorstellungen zur Entstehung und Entwicklung des menschlichen Lebens – ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion*. Dissertation, Ludwigs-Maximilians-Universität München.
- Sadler, P. (1998). Psychometric Models of Student Conceptions in Science: Reconciling Qualitative Studies and Distractor-Driven Assessment Instruments. *Journal of Research in Science Teaching*. 35 (3), 265-296.
- Sadler, P. (2000). The relevance of multiple-choice testing in assessing science understanding. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Hrsg.), *Assessing science understanding: A human constructivist view*. Burlington: Elsevier.
- Sadler, T. D. & Zeidler, D. L. (2004). The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88 (1), 4-27.
- Scherer, P. (2010). Diagnostik im Mathematikunterricht. In P. Scherer & E. Moser Opitz (Hrsg.), *Fördern im Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 31-48). Heidelberg: Spektrum.
- Scherer, P. & Moser Opitz (2010). Kompetenzen der Lehrenden. In P. Scherer & E. Moser Opitz (Hrsg.), *Fördern im Mathematikunterricht der Primarstufe*. Heidelberg: Spektrum.
- Schilke, K. & Lehrke, M. (1994). Untersuchungen über Schülervorstellungen zur Evolution. In U. Kattmann, H. G. Hilfrich, H. Gropengießer (Hrsg.), *Biologiedidaktik in der Praxis: Dieter Eschenhagen zum 65. Geburtstag* (S. 82-105). Köln: Aulis.



- Schnotz, W., Ballstaedt, S.-P. & Mandl, H. (1981). Kognitive Prozesse beim Zusammenfassen von Lehrtexten. In H. Mandl (Hrsg.), *Zur Psychologie der Textverarbeitung. Ansätze, Befunde, Probleme* (S. 108-167). München: Urban & Schwarzenberg.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz.
- Schnotz, W. (2006). Conceptual Change. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogischer Psychologie* (S. 77-82). Weinheim: Beltz.
- Schnotz, W. (2010). Textverstehen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogischer Psychologie* (S. 843-854). Weinheim: Beltz.
- Schoultz, J., Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2001). Conceptual knowledge in talk and text: What does it take to understand a science question? *Instructional Science*, 29, 213-236.
- Schrader, F.-W. & Helmke, A. (2001). Alltägliche Leistungsbeurteilung durch Lehrer. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 45-58). Weinheim: Beltz.
- Schulte von Drach, M. C.(2014). Warum die Evolution schon Kindern erklärt werden sollte. <http://www.sueddeutsche.de/bildung/interview-zum-unterricht-in-der-grundschule-warum-die-evolution-schon-kindern-erklart-werden-sollte-1.2003988>, Stand: 09.09.2014.
- Schumacher, A. & Möller-Bach, C. (2006). Zur Notwendigkeit von pädagogischer Diagnostik und individueller Förderung. In D. Berntzen, I.-L. Rabenow, E. Stiller & S. Krüger (Hrsg.), *Pädagogische Diagnostik und Individuelle Förderung. Dokumentation der Tagung vom 09.12.2004* (S. 6-10). Münster: Zentrum für Lehrerbildung.
- Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG NRW) vom 15. Februar 2005 (GV. NRW S. 102) zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2011 (GV. NRW.S. 205).
- Schwanewedel, J. (2011). *Biologie verstehen: Gene und Gesundheit*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Band 32.

- Settlage, J. (1994). Conceptions of Natural Selection: A Snapshot of the Sense-Making Process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 449-457.
- Shaughnessy, M. E. (2004). An Interview with Deanna Kuhn. *Educational Psychology Review*, 16 (3), 267-282.
- Shepard, L. A. (2006). Classroom Assessment. In R. L. Brennan (Hrsg.), *Educational Measurement* (4. Aufl., S. 623-646). Westport: Praeger.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naive and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52, 170-194.
- Simkin, M. G. & Kuechler, W. L. (2005). Multiple-choice tests and student understanding: What is the connection? *Decision Science Journal of Innovative Education*, 3 (1), 73-97.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K. & Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological education. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 189-195.
- Smith, M. U., Siegel, H. & McInerney, J. D. (1995). Foundational issues in evolution education. *Science & Education*, 4, 23-46.
- Smith, M. K., Wood, W. B. & Knight, J. K. (2008). The Genetics Concept Assessment: A new Concept Inventory for gauging student understanding of genetics. *CBE - Life Science Education*, 7 (4), 422-430.
- Snow, R.E. (1993): Construct-validity and constructed-response tests. In R. E. Bennett & W. C. Ward (Hrsg.), *Construction versus choice in cognitive measurement* (S. 45-60). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Solomon, G. E. A. & Johnson, S. C. (2000). Conceptual change in the classroom: Teaching young children to understand biological inheritance. *British Journal of Developmental Psychology*, 18, 81-96.
- Solzbacher, C. (2008). Was denken Lehrerinnen und Lehrer über individuelle Förderung? *Pädagogik*, 60 (3), 38-42.
- Southerland, S. A., Smith, M. U. & Cummins, C. L. (2000). "What do you mean by that?" Using structured interviews to assess science understanding. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Hrsg.), *Assessing Science Understanding. A Human Constructivist View* (S. 72-95). San Diego: Academic Press.

- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L. & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85 (4), 328-348.
- Spiegel, A. N., Evans, E. M., Gram, W. & Diamond, J. (2006). Museums visitors' understanding of evolution. *Museums and Social Issues*, 1, 69-86.
- Springer, K. (1996). Young childrens' understanding of a biological basis for parent-offspring relations. *Child Development*, 67, 2841-2856.
- Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 137-200). Weinheim: Beltz.
- Stern, L. & Ben-Akiva, I. (2007). Tails' inheritance: Challenging secondary school students' ideas about the inheritance of acquired traits. *The American Biology Teacher*, 69 (2), 76-79.
- Stieler, F. (2011). *Qualität summativer Prüfungen. Überlegungen zur Gestaltung von Klausuren*. Bielefeld: Janus.
- Stover, S. K. & Mabry, M. L. (2007). Influences of teleological and Lamarckian thinking on student understanding of natural selection. *Bioscience*, 33 (1), 11-18.
- Stracke, I. (2003). *Einsatz computerbasierter Concept-Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Empirische Untersuchungen am Beispiel des Chemischen Gleichgewichts*. Münster: Waxmann.
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22 (4), 399-417.
- Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom?: Using research to inform practice. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2 (1), 43-51.
- Taylor, M. & Smith, S. P. (2009). How do you know if they are getting it? Writing assessment items that reveal student understanding. *Science Scope*, 32 (5), 60-64.
- Tamir, P. (1971). An alternative approach to the construction of multiple choice test items. *Journal of Biological Education*, 5, 305-307.
- Tamir, P. (1989). Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers. *Journal of Biological Education*, 23 (4), 285-292.

- Tamir, P. (1990). Justifying the selection of answers in multiple-choice items. *International Journal of Science Education*, 12 (5), 563-573.
- Tamir, P. (1991). Multiple-Choice-Items: How to gain the most out of them. *Biochemical Education*, 19 (4), 188-192.
- Tamir, P. & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75 (1), 57-67.
- Tan, R. J. B. (2008). *A mixed-methods approach to test evaluation using explanatory item response modeling and think-alouds*. Dissertation, University of Berkeley.
- Tergan, S.-O. (1981). Ist Textverständlichkeit gleich Textverständlichkeit? Überprüfung der Vergleichbarkeit zweier Verständlichkeitskonzepte. In H. Mandel (Hrsg.), *Zur Psychologie der Textverarbeitung* (S. 334-366). München: Urban & Schwarzenberg.
- Tergan, S.-O. (1989a). *Psychologische Grundlagen der Wissensmodellierung. Forschungsberichte 53*. Tübingen: Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen.
- Tergan, S.-O. (1989b). Psychologische Grundlagen der Erfassung individueller Wissensrepräsentationen Teil II: Methodologische Aspekte. *Sprache & Kognition*, 4, 193-202.
- Terzer, E., Hartig, J. & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zur Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 77-101.
- Thelen, E. & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge: MIT Press.
- Traub, R. E. & Fisher, C. W. (1977). On the equivalence of constructed-response and multiple-choice tests. *Applied Psychological Measurement*, 1, 355-369.
- Traub, R. E. & MacRury, K. (1990). Antwort-Auswahl vs. Freie-Antwort-Aufgaben bei Lernerfolgstests. In K. Ingenkamp & R. S. Jäger (Hrsg.), *Test und Trends. 8. Jahrbuch der Pädagogischen Diagnostik* (S. 129-159). Weinheim: Beltz.
- Traub, R. E. & Fisher, C. W. (1993). On the equivalence of the traits assessed by multiple-choice and constructed-response tests. In R. E. Bennett & W. C. Ward (Hrsg.),

- Construction versus choice in cognitive measurement* (S. 1-27). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Treagust, D. (1986): Evaluating student's misconceptions by means of diagnostic multiple choice items. *Research in Science Education*, 16, 199-207.
- Treagust, D. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10 (2), 159-169.
- Treagust, D. (1995). Diagnostic assessment of student's science knowledge. In S. M. Glynn & R. Duit (Hrsg.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (S. 327-346). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Treagust, D.F. (2006). Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. *Uni Serve Science Assessment Proceedings: Assessment in Science Teaching and Learning Symposium*. Sydney: University of Sydney.
- Treagust, D. F. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies in Science Education*, 3, 297-328.
- Treagust, D. F. & Duit, R. (2009). Multiple perspectives of conceptual change in science and the challenges ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32 (2), 89-104.
- Tsai, C.-C., Chou, C. (2002): Diagnosing students' alternative conceptions in science through a networked two-tier test system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18 (2), 157-165.
- Tsui, C. H. & Treagust, D. (2009). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32, 1073-1098.
- Tulvig, E. & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80 (5), 352-373.
- Tüysüz, C. (2009). Development of a two-tier-diagnostic instrument and assessing students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4 (6), 626-631.

- Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 59-75.
- Urahn, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 72-94.
- van Dijk, E. & Kattmann, U. (2009). Teaching Evolution with Historical Narratives. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 479-489.
- van Dijk, T.A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. London: Academic Press.
- van Someren, M.W., Barnard, Y. & Sandberg, J. (1994). *The think aloud method: A practical guide to modeling cognitive processes*. London: Academic Press.
- Venville, G. J. & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (9), 1031-1055.
- Venville, G., Gribble, S. J. & Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89, 614-633.
- von Glasersfeld, E. (1997). *Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- von Glasersfeld, E. (2008). Learning as Constructive Activity. *AntiMatters*, 2 (3), 33-49.
- 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. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice* (S. 61-76). Dordrecht: Kluwer.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models on the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vytgoski, L. S. (1986). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press.
- Wallin, A. (2008). One year after teaching, how consistent are students in using the scientific theory of biological evolution by natural selection? In M. Hammann, M.

- Reiss, C. Boulter & S. Tunnicliffe (Hrsg.), *Biology in context. Learning and teaching for the twenty-first century* (S. 52-63). London: Institute of Education.
- Walstad, W. & Becker, W. (1994). Achievement differences on multiple-choice and essay tests in economics. *American Economic Review*, 4 (2), 193-196.
- 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: Macmillan.
- Wandersee, J. H., Good, R. G. & Demastes, S. S. (1995). Forschung zum Unterricht über Evolution: Eine Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1, 43-54.
- Ward, W. C., Frederiksen, N. & Carlson, S. B. (1980). Construct validity of free-response and machine-scorable forms of a test. *Journal of Educational Measurement*, 17 (1), 11-29.
- Watson, R., Prieto, T. & Dillon, J.S. (1997). Consistency of student's explanations about combustion. *Science Education*, 425-443.
- Weber-Förster, A. (2010). Lerntagebücher. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Weinert, F. E. (1997). *Psychologie des Unterrichts und der Schule: Enzyklopädie der Psychologie, D, Serie Pädagogische Psychologie* (Bd. 3), Hogrefe: Göttingen.
- Weise, G. (1975). *Psychologische Leistungstests*. Göttingen: Hogrefe.
- Weitzel, H. (2006). *Biologie verstehen: Vorstellungen zu Anpassung*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Band 15.
- Wenning, C. J. (2008). Dealing more effectively with alternative conceptions in science. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5 (1), 11-19.
- Wescott, D. J. & Cunningham, D. L. (2005). Recognizing student misconceptions about science and evolution. *MountainRise*, 2 (2), online.
- Wesman, A.G. (1971). Writing the test item. In R. L. Thorndike (Hrsg.), *Educational Measurement* (2. Aufl.), (S. 81-130). Washington: American Council on Education.
- Westerhoff, J. (2005). *Ontological categories*. New York: Oxford University Press.

- Williams, M., Montgomery, B. L. & Manokore, V. (2012). From phenotyp to genotyp: Exploring middle school students' understanding of genetic inheritance in a web-based environment. *The American Biology Teacher*, 74 (1), 35-40.
- Williams, J. M. & Tolmie, A. (2000). Conceptual change in biology: Group interaction and the understanding of inheritance. *British Journal of Developmental Psychology*, 18, 625-649.
- Willis, G. B. (1999). *Cognitive interviewing – A “how to” guide. Reducing survey error through research on the cognitive and decision processes in surveys*. Research Triangle Park, NC: Research Triangle Institute.
- Willis, G.B. (2005). *Cognitive interviewing. A tool for improving questionnaire design*. Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Wood-Robinson, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and evolution. *Studies in Science Education*, 24, 29-47.
- Wood-Robinson, C., Lewis, J. & Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, 35 (1), 29-36.
- Wylie, C. & Wiliam, D. (2006). Analyzing diagnostic items: What makes a student response interpretable? *Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education (NCME)*, Chicago.
- Yarroch, W. L. (1991). The implications of content versus item validity on science tests. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (7), 619-629.
- Yen, W. M. (1993). Scaling performance assessments: strategies for managing local item dependence. *Journal of Educational Measurement*, 30 (3), 187-213.
- Yen, W. M. & Fitzpatrick, A. R. (2006). Item response theory. In R. L. Brennan (Hrsg.), *Educational Measurement* (4. Aufl., S. 111-154). Westport: Praeger.
- Zabel, J. (2009). *Die Rolle der Narration beim Verstehen der Evolutionstheorie*. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Band 24.
- Zabel, J. & Gropengiesser, H. (2011). Learning progress in evolution theory: climbing a ladder or roaming a landscape? *Journal of Biological Education*, 45 (3), 143-149.
- Zrzavý, J, Storch, D. & Mihulka, S. (2009). *Evolution. Ein Lese-Lehrbuch*. Spektrum: Heidelberg.



## Anhang A: Vorstudie

Jeder geschlossenen Frage war folgender Anhang (Begründung und Sicherheitsempfinden) angehängt:

Bitte begründe, warum Du dich für Deine Antwort entschieden hast:

---

---

Bei der Beantwortung dieser Frage war ich mir:

sehr sicher     nicht so sicher     etwas unsicher     sehr unsicher

### 1. Testphase, Test A:

Bitte kreuze die aus Deiner Sicht zutreffendste Antwortmöglichkeit an. Bei jeder Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen.

**1. Eidechsen benötigen sonnige Lebensräume, weil ihre Körpertemperatur davon abhängt. Sie können sich nicht bewegen, wenn sie zu kalt werden. Was könnte passieren, wenn für eine bestimmte Eidechsengruppe die Sonnenplätze immer weniger werden?**

- a. Die Eidechsen kämpfen um die verfügbaren Sonnenplätze und die stärksten Eidechsen verdrängen die schwächeren.
- b. Die Eidechsen teilen sich die sonnigen Plätze oder wechseln sich ab.
- c. Wenn die Eigenschaften der Eidechsen nicht mehr zu den Umweltbedingungen passen, treten genetische Veränderungen auf, die zu einer Anpassung führen.
- d. Einzelne Eidechsen mit zufälligen Eigenschaften, die das Überleben in der neuen Situation erleichtern, werden überleben und sich vermehren. Andere nicht.

**2. In einer Herde von Wildpferden wird ein Fohlen mit einer Veränderung im Erbgut geboren. Welche Aussichten hat das Fohlen innerhalb der Herde von Artgenossen zu überleben?**

- a. Das Fohlen kann trotz der Veränderung gleiche Überlebenschancen wie seine Artgenossen haben.
- b. Das Fohlen wird aufgrund der Veränderung anfälliger für Krankheiten sein und kein gesundes Pferd werden.
- c. Das Fohlen hat durch die genetische Veränderung bessere Voraussetzungen ein besonders gesundes Pferd zu werden.

**3. Welche Veränderungen sind nach mehreren Generationen innerhalb einer Eidechsenpopulation zu erwarten, wenn sich die Umwelt verändert?**

- a. Wenn Veränderungen der Merkmale auftreten, dann verändern sich diese bei allen Eidechsen.
- b. Wenn einzelne Eidechsen nützliche Eigenschaften innerhalb ihres Lebens erwerben, können sie diese an ihre Nachkommen vererben.
- c. Wenn die Eidechsen mit den Umweltveränderungen nicht zurechtkommen, dann treten genetische Veränderungen auf, die zu passenden Merkmalen führen.
- d. Die Häufigkeit einzelner Merkmale innerhalb der Eidechsenpopulation wird zunehmen, andere Merkmale werden seltener auftreten.

**4. Seehunde können für 45 Minuten ohne Luft zu holen unter Wasser bleiben während sie jagen. Die Vorfahren der Seehunde konnten nur für ein paar Minuten unter Wasser bleiben. Wie würde ein Biologe erklären, wie diese Fähigkeit entstanden sein könnte?**

- a. Die Vorfahren der Seehunde merkten, dass sie länger unter Wasser bleiben mussten, um Fisch zu fangen.
- b. Die Vorfahren der Seehunde unterschieden sich in der Fähigkeit, die Luft lange anzuhalten. Tiere, die zufällig länger unter Wasser bleiben konnten, haben sich besser vermehrt.

- c. Jede Generation von Seehunden konnte mit der Zeit ein bisschen länger die Luft anhalten.
- d. Die Vorfahren der Seehunde passten sich den Jagdbedingungen im Wasser an, weil es für das Erbeuten von Fischen notwendig war.

**5. Auf den Galapagos- Inseln leben verschiedene Finken-Arten. Abhängig von Schnabelgröße und -form, ernähren sie sich von Nektar, Samen oder Nüssen. Was passiert, wenn die Nahrung knapp wird?**

- a. Die Finken einer Insel, die das gleiche Futter fressen, suchen gemeinsam nach Nahrung und teilen was sie finden.
- b. Die Finken auf einer Insel kämpfen gegeneinander um Futter und die körperlich Überlegenen gewinnen.
- c. Finden die Finken nicht mehr genug Futter, werden genetische Veränderungen eintreten, die das Fressen von anderen Futterangeboten ermöglichen.
- d. Einzelne Finken werden zufällig besser darin sein, Nahrung zu erwerben, als andere und so länger leben und sich fortpflanzen.

**6. Unter den Jungtieren einer Feldmaus befindet sich eine Feldmaus mit zufällig veränderten Genen. Was wird mit ihr geschehen?**

- a. Sie wird auf jeden Fall aufgrund ihrer Veränderung in den Genen als Jungtier sterben.
- b. Sie könnte trotz oder wegen ihrer Veränderung in den Genen überleben und Nachkommen zeugen.
- c. Sie wird auf jeden Fall überleben, da Veränderungen in den Genen bewirken, dass sie länger lebt und sich besser fortpflanzen kann.

**7. Welche grundlegenden Veränderungen können im Laufe von 100 Jahren innerhalb einer Finkenpopulation auftreten, angenommen die Umweltbedingungen verändern sich?**

- a. Die Merkmale der Finken werden sich ändern. Diese Veränderungen treten bei allen Finken auf.

- b. Einige Merkmale von Finken werden innerhalb der Population zunehmen, während andere weniger vorkommen werden.
- c. Bestimmte Eigenschaften, die sich einzelne Finken innerhalb ihres Lebens angeeignet haben, können diese an ihre Nachkommen vererben.
- d. Wenn sich die Umwelt ändert und die Merkmale der Finken nicht mehr geeignet sind, werden Veränderungen passende Eigenschaften hervorrufen.

**8. Antibiotika sind Medikamente, die verwendet werden, um krankmachende Bakterien abzutöten. Mittlerweile gibt es aber Bakterien, die nicht mehr durch Antibiotika abgetötet werden können. Wie lässt sich das erklären?**

- a. Zufällige Merkmalsveränderungen bei einigen Bakterien führten dazu, dass Antibiotika nicht mehr wirkten. Diese Bakterien überlebten und konnten sich vermehren.
- b. Die Bakterien mussten sich aufgrund der Wirkung der Antibiotika anpassen, um überleben und sich vermehren zu können.
- c. Die Verträglichkeit gegenüber Antibiotika entwickelte sich allmählich, aber gleichzeitig bei den Bakterien.
- d. Die Bakterien erkannten, dass sie sich der Bedrohung durch Antibiotika anpassen mussten.

**9. Gorillas haben in der Regel schwarzes Fell. Dennoch trat vor ein paar Jahren ein weißer Gorilla in einer Gorilla-Population in Afrika auf. Woher kommt die weiße Fellfarbe?**

- a. Ein Vorfahre des weißen Gorillas, z. B. der Urgroßvater, muss ebenfalls weiß gewesen sein.
- b. Eine zufällig aufgetretene genetische Veränderung hat die weiße Fellfarbe des Gorillas hervorgerufen.
- c. Da es unter einem schwarzen Fell schnell heiß wird, hat der Gorilla sich mit der weißen Fellfarbe seinem heißen Lebensraumes angepasst und wird die Fellfarbe an seine Nachkommen vererben.

**10. Mit welcher Aussage würde ein Biologe eine Finkenpopulation beschreiben?**

- a. Die Finken haben alle die gleichen Merkmale.
- b. Die Finken teilen alle wesentlichen Merkmale. Kleine Unterschiede, die vorhanden sind, beeinflussen nicht das Überleben.
- c. Die Finken sind genetisch alle gleich, aber sehen äußerlich unterschiedlich aus.
- d. Die Finken teilen viele Merkmale, aber unterscheiden sich auch in vielen wichtigen Merkmalen. Diese Unterschiede können für das Überleben und die Fortpflanzung bedeutend sein.

**11. Der Polarfuchs lebt in kalten Regionen, wie der Arktis. Sein dickes Fell schützt ihn vor der Kälte. Wie hat sich das dicke Fell ausgehend von Vorfahren ohne dickes Fell entwickelt?**

- a. Die Vorfahren passten sich mit einem dicken Fell an die Umgebungstemperatur an, weil es für das Überleben in der Kälte notwendig war.
- b. Die Vorfahren erkannten, dass sie in dem kalten Lebensraum keine Überlebenschancen hatten und entwickelten ein dickes Fell.
- c. Mit jeder Generation nahm die Dicke des Fells bei allen Polarfüchsen ein bisschen mehr zu.
- d. Vorfahren der Polarfüchse hatten unterschiedlich dickes Fell. Diejenigen mit einem ausreichend dicken Fell konnten sich erfolgreicher fortpflanzen.

**12. Eine Population von Eidechsen besteht aus....**

- a. Eidechsen, die alle gleich sind.
- b. Eidechsen mit geringen Unterschieden, die aber keinen Einfluss auf die Überlebenschancen der einzelnen Tiere haben.
- c. Unterschiedlich aussehenden Eidechsen, die aber alle genetisch gleich sind.
- d. Eidechsen, die viele ähnliche, aber auch unterschiedliche Merkmale haben.

**13. Der schwarze Panther ist ein Leopard, der anders als die meisten Leoparden kein geflecktes Fell hat, sondern ein überwiegend schwarzes. Wie lässt sich die Fellfarbe des schwarzen Leoparden erklären?**

- a. Ein Vorfahre des Panthers, z. B. die Großmutter, muss ebenfalls schwarzes Fell gehabt haben.
- b. Eine genetische Veränderung bei den Panthern hat dazu geführt, dass ihr Fell schwarz gefärbt ist.
- c. Leoparden, die in dicht bewachsenen Waldgebieten leben, haben sich mit der dunklen Fellfarbe im Laufe ihres Lebens an die Umgebung angepasst und dieses Merkmal an ihre Nachkommen weitervererbt.

## 1. Testphase, Test B:

Bitte kreuze die aus Deiner Sicht zutreffendste Antwortmöglichkeit an. Bei jeder Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen.

**1. Schlangen benötigen warme Lebensräume, weil ihre Körpertemperatur davon abhängt. Sie können sich nicht bewegen, wenn sie zu kalt werden. Angenommen die Sonnenplätze werden für Schlangen in einem gemeinsamen Lebensraum auf einmal immer weniger. Was könnte passieren?**

- a. Die Schlangen kämpfen um die verfügbaren Sonnenplätze und die stärksten Schlangen verdrängen die schwächeren.
- b. Die Schlangen teilen sich die sonnigen Plätze oder wechseln sich ab.
- c. Wenn die Eigenschaften der Schlangen nicht mehr zu den Umweltbedingungen passen, treten genetische Veränderungen auf, die zu einer Anpassung führen.
- d. Einzelne Schlangen haben zufällig Eigenschaften, durch die sie erfolgreicher Sonnenplätze einnehmen als andere. Das führt zu Vorteilen im Überleben und in der Fortpflanzung.

**2. In einer Herde von Zebras wird ein Jungtier mit einer genetischen Veränderung geboren. Welche Aussichten hat das Jungtier innerhalb der Herde von Artgenossen zu überleben?**

- a. Das Jungtier kann trotz der Veränderungen gleiche Überlebenschancen wie seine Artgenossen haben.
- b. Das Jungtier wird aufgrund der Veränderung anfälliger für Krankheiten sein und kein kräftiges Zebra werden.
- c. Das Jungtier hat durch die genetische Veränderung bessere Voraussetzungen ein besonders gesundes Zebra zu werden.

**3. Stell dir eine Population von Schlangen vor. Über die Zeit treten Umweltveränderungen auf. Überlege welche Veränderungen bei den Merkmalen der Schlangen über mehrere Generationen zu erwarten sind.**

- a. Merkmale der Schlangen können sich mit jeder Generation verändern. Diese Veränderungen treten bei allen Schlangen auf.
- b. Die Schlangen können nützliche Eigenschaften, die sie selbst innerhalb ihres Lebens erworben haben, an ihre Nachkommen vererben.
- c. Wenn durch Umweltveränderungen die Merkmale der Schlangen nicht mehr geeignet sind, treten genetische Veränderungen auf, die eine Anpassung bewirken.
- d. Die Häufigkeit einzelner Merkmale der Schlangen wird zunehmen, andere Merkmale werden seltener auftreten.

**4. Geparden können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Wie würde ein Biologe erklären, wie sich die schnellere Laufgeschwindigkeit entwickelt hat?**

- a. Die Vorfahren der Geparde merkten, dass sie schneller laufen mussten, um ihre Beute fangen zu können.
- b. Die Vorfahren der Geparde unterschieden sich in ihrer Fähigkeit schnell laufen zu können. Erfolgreiche Geparde, die zufällig schnell laufen konnten, haben sich besser vermehrt.
- c. Jede Generation von Geparden konnte immer ein bisschen schneller laufen, so dass sie mit der Zeit beim Jagen immer erfolgreicher wurden.
- d. Die Vorfahren der Geparde passten sich mit ihrer Laufgeschwindigkeit an, weil es für das Jagen von Beute notwendig war.

**5. Eine Population von Fröschen besteht aus Hunderten von Tieren. Welche Aussage beschreibt am besten diese Frösche?**

- a. Die Frösche teilen alle wesentlichen Merkmale der Art. Kleine Unterschiede, die vorhanden sind, beeinflussen nicht das Überleben.



- b. Die Frösche haben alle die gleichen Merkmale.
- c. Die Frösche teilen viele der wesentlichen Merkmale, aber unterscheiden sich auch in vielen Merkmalen. Die Unterschiede können entscheidend sein für das Überleben und die Fortpflanzung.
- d. Die Frösche sind genetisch alle gleich, aber sehen äußerlich unterschiedlich aus.

**6. Auf den Hawaii- Inseln leben verschiedene Papageien-Arten. Diese fressen Früchte oder Blütennektar. Was passiert, wenn die Nahrung auf einmal knapp wird?**

- a. Die Papageien einer Insel, die das gleiche Futter fressen, suchen gemeinsam nach Nahrung und teilen was sie finden.
- b. Die Papageien auf einer Insel kämpfen gegeneinander um Futter. Die im Kampf Überlegenen können sich ernähren und fortpflanzen, die anderen nicht.
- c. Finden die Papageien nicht mehr genug Futter, werden genetische Veränderungen eintreten, die das Fressen von anderen Futterangeboten ermöglichen.
- d. Einzelne Papageien haben zufällig Merkmale, die ihnen ermöglichen erfolgreich Futter zu erwerben. Diese überleben und vermehren sich im Vergleich zu anderen.

**7. Unter den Jungtieren eines Kaninchens befindet sich ein Kaninchen mit zufällig veränderten Genen. Was wird mit ihm geschehen?**

- a. Es wird auf jeden Fall aufgrund seiner Veränderung in den Genen als Jungtier sterben.
- b. Es könnte trotz oder wegen seiner Veränderung in den Genen überleben und Nachkommen zeugen.
- c. Es wird auf jeden Fall überleben, da Veränderungen in den Genen bewirken, dass es länger lebt und sich besser fortpflanzen kann.

**8. Welche grundlegenden Veränderungen können im Laufe von 100 Jahren innerhalb einer Papageienpopulation auftreten, angenommen die Umweltbedingungen verändern sich?**

- a. Merkmale der Papageien können sich mit jeder Generation verändern. Diese Veränderungen treten bei allen Papageien auf.
- b. Einige Merkmale von Papageien werden innerhalb der Gruppe zunehmen, während andere weniger vorkommen werden.
- c. Günstige Eigenschaften, die sich einzelne Papageien in ihrem Leben angeeignet haben, können diese an ihre Nachkommen vererben.
- d. Wenn sich die Umwelt ändert, werden Veränderungen im Erbgut passende Eigenschaften bei den Papageien für die geänderte Umwelt hervorrufen.

**9. Insektizide sind Schädlingsbekämpfungsmittel, mit denen Bauern Insekten wie Heuschrecken vernichten, die sonst die Ernte fressen würden. Mittlerweile gibt es aber Insekten, die trotz der Insektizide überleben. Wie lässt sich das erklären?**

- a. Zufällige Merkmalsveränderungen bei einigen Insekten führten dazu, dass Insektizide nicht mehr wirkten. Diese Insekten überlebten und konnten sich vermehren.
- b. Die Insekten mussten sich aufgrund der Wirkung der Insektizide anpassen, um überleben und sich vermehren zu können.
- c. Die Verträglichkeit der Insekten entwickelte sich in jeder Generation bei allen Insekten ein bisschen mehr, sodass mittlerweile alle Insekten angepasst sind.
- d. Die Insekten erkannten, dass sie sich der Bedrohung durch Insektizide anpassen mussten.

**10. Leistenkrokodile haben meistens eine graubraune Körperfarbe. Dennoch treten vereinzelt Tiere auf, die eine schwarze Körperfarbe haben. Wie lässt sich die Körperfarbe der schwarzen Leistenkrokodile erklären?**

- a. Leistenkrokodile, die am Ufer dunkler Gewässer auf Beute lauern, haben sich selbst eine dunkle Körperfarbe angeeignet und können diese an ihre Nachkommen vererben.

- b. Ein Vorfahre des schwarzen Leistenkrokodils, z. B. die Großmutter, muss ebenfalls eine schwarze Körperfarbe gehabt haben.
- c. Eine genetische Veränderung bei dem schwarzen Leistenkrokodil hat dazu geführt, dass seine Körperfarbe schwarz gefärbt ist.

**11. Mit welcher Aussage würde ein Biologe eine Population von Papageien beschreiben?**

- a. Die Papageien haben alle die gleichen Merkmale.
- b. Die Papageien teilen alle wesentlichen Merkmale der Art. Kleine Unterschiede, die vorhanden sind, beeinflussen nicht das Überleben.
- c. Die Papageien sind genetisch alle gleich, aber sehen äußerlich unterschiedlich aus.
- d. Die Papageien haben viele Merkmale gemein. Unterschiede die bestehen, können für das Überleben und die Fortpflanzung entscheidend sein.

**12. Frösche einer Population ernähren sich von Mücken. Was könnte passieren, wenn auf einmal wenige Mücken vorhanden sind?**

- a. Die meisten Frösche werden zu mehreren Futterstellen aufsuchen und sich die wenigen Mücken teilen.
- b. Um den Fröschen das Überleben zu sichern, werden genetische Veränderungen auftreten, sodass sie anderen Nahrung fressen können.
- c. Viele Frösche würden miteinander um das Futter kämpfen. Die stärksten Frösche würden überleben während die anderen verhungern.
- d. Frösche, die zufällig Eigenschaften haben, die ihnen ermöglichen mit der Nahrungsknappheit zurechtzukommen, werden überleben und sich fortpflanzen. Einige andere nicht.

**13. Der Eisbär lebt in kalten Regionen, wie der Arktis. Eine dicke Fettschicht schützt ihn vor der Kälte. Wie hat sich die dicke Fettschicht ausgehend von den Vorfahren des Eisbären entwickelt?**

- a. Die Vorfahren passten sich mit der dicken Fettschicht an die Umgebungstemperaturen an, weil es für das Überleben in der Kälte notwendig war.
- b. Die Vorfahren erkannten, dass sie in dem kalten Lebensraum keine Überlebenschancen hatten und entwickelten eine dicke Fettschicht.
- c. Die Dicke der Fettschicht veränderte sich in jeder Generation bei allen Eisbären ein bisschen mehr.
- d. Die Vorfahren hatten unterschiedlich dicke Fettschichten. Diejenigen mit einer ausreichend dicken Fettschicht konnten besser überleben und sich fortpflanzen.

**14. Stell Dir Frösche einer Population vor. Die Umwelt ändert sich mit der Zeit. Welche sind die wichtigsten Veränderungen, die im Laufe von mehreren Generationen auftreten können?**

- a. Wenn Veränderungen der Merkmale auftreten, dann verändern sich diese bei allen Fröschen mit jeder Generation ein bisschen mehr.
- b. Verschiedene Merkmale der Frösche werden in folgenden Generationen unterschiedlich häufig auftreten.
- c. Positive Merkmale einzelner Frösche, die diese im Laufe ihres Lebens erworben haben, können diese an ihre Nachkommen weitervererben.
- d. Wenn die Merkmale der Frösche nicht zu den Veränderungen der Umwelt passen, treten genetische Veränderungen auf, damit sie angepasst sind.

**15. Eine Population von Schlangen besteht aus...**

- a. Schlangen die alle gleich sind.
- b. Schlangen mit geringen Unterschieden, die aber keinen Einfluss auf die Überlebenschancen der einzelnen Tiere haben.
- c. Unterschiedlich aussehenden Schlangen, die aber alle das gleiche Erbgut haben.

---

d. Schlangen, die viele ähnliche und unterschiedliche Merkmale haben. Die Unterschiede können Einfluss auf Überleben und Fortpflanzung haben.

## 2. Testphase, Test C:

Bitte kreuze die aus Deiner Sicht beste Antwortmöglichkeit an. Bei jeder Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen.

### **1. Zauneidechsen benötigen sonnige Lebensräume. Was könnte passieren, wenn für die Eidechsen in einem gemeinsamen Lebensraum die Sonnenplätze weniger werden?**

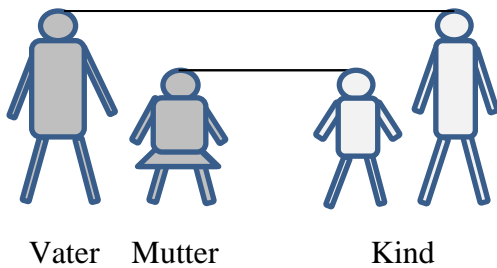
- a. Die Eidechsen kämpfen um die verfügbaren Sonnenplätze und die stärksten Eidechsen verdrängen die schwächeren, die sterben.
- b. Die Eidechsen suchen gemeinsam nach Sonnenplätzen und nutzen abwechselnd die Sonnenplätze.
- c. Wenn die Eidechsen weniger Sonne zur Verfügung haben, treten genetische Veränderungen auf, die eine Anpassung bewirken.
- d. Zufällige Eigenschaften einiger Eidechsen sind vorteilig für die veränderten Bedingungen. Das führt zu Erfolg im Überleben dieser Eidechsen.

### **2. In einer Herde von Wildpferden wird ein Fohlen mit einer Veränderung in den Genen geboren. Welche Aussichten hat das Fohlen innerhalb der Herde von Artgenossen zu überleben?**

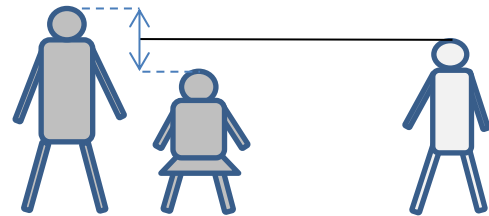
- a. Das Fohlen kann trotzdem gleiche Überlebenschancen haben.
- b. Das Fohlen wird anfälliger für Krankheiten sein und schwach sein.
- c. Das Fohlen hat bessere Voraussetzungen ein gesundes Pferd zu werden.
- d. Die anderen Pferde werden das Tier nicht akzeptieren.
- e. Das Fohlen hat entweder Vorteile oder Nachteile gegenüber den Anderen.

**3. Eine kleine Frau und ein großer Mann zeugen ein Kind. Welche Körpergröße wird das Kind des Paares haben?**

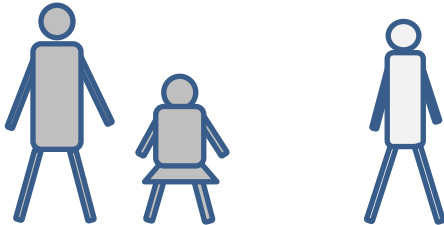
a. Die Größe der Mutter oder des Vaters.



b. Eine Größe die genau zwischen Vater und Mutter liegt.



c. Eine ähnliche Größe wie Vater und Mutter.



**4. Seehunde können lange ohne Luft zu holen unter Wasser bleiben während sie jagen. Die Vorfahren der Seehunde konnten nur kurz unter Wasser bleiben. Wie erklärt ein Biologe, wie diese Fähigkeit entstanden sein könnte?**

- Die Vorfahren wollten besser fischen und haben sich angepasst.
- Einzelne, die zufällig länger tauchen konnten, haben sich besser vermehrt.
- Mit der Zeit verbessert sich die Tauchleistung automatisch.
- Die Anpassung der Vorfahren fand statt, weil es notwendig war.
- Der Körper der Vorfahren hat die Tauchleistung verbessert.

**5. Stell Dir eine Gruppe von Zauneidechsen vor. Über die Zeit treten Umweltveränderungen auf. Welche Veränderung bei den Eidechsen kann eintreten?**

- Die Eidechsen können nützliche Verhaltensweisen, die sie innerhalb ihres Lebens erwerben, an ihre Nachkommen vererben.

- b. Einzelne zufällig entstandene Merkmale einiger Eidechsen werden zunehmen, andere werden seltener auftreten.
- c. Wenn sich durch Umweltveränderungen die Merkmale ändern, ändern sie sich gleichzeitig bei allen Eidechsen.
- d. Merkmale, die durch Umweltveränderungen öfter genutzt werden, verbessern sich.
- e. Die Natur bewirkt, dass die Merkmale der Eidechsen an die Veränderung der Umwelt angepasst werden.

**6. Stell Dir Buchfinken vor, die auf einer Insel leben. Diese fressen z.B. Nüsse. Was passiert, wenn die Nahrung knapp wird?**

- a. Die Finken suchen gemeinsam Futter und teilen was sie finden.
- b. Bei Nahrungsnot treten Veränderungen der Gene auf, woraufhin sich die Ernährung ändert.
- c. Einzelne Finken haben zufällig Merkmale, durch die sie besser überleben.
- d. Die Finken auf einer Insel kämpfen gegeneinander. Die Stärkeren überleben.

**7a. Welche Aussage trifft für die Kühe, die Lamas, die Löwenzahnpflanzen und die Blattläuse zu? Bitte schreibe für jede Art die Antwort in das Kästchen. Die einzelnen Antworten können mehrmals oder garnicht verwendet werden.**




weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_




weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_




weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_




weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- a. Die Lebewesen haben die gleichen sichtbaren Merkmale und sind genetisch gleich.
- b. Die Lebewesen sind genetisch gleich, haben äußerlich sichtbar aber ein paar unterschiedliche Merkmale.



c. Die Lebewesen sind genetisch unterschiedlich, haben aber die gleichen äußeren Merkmale.

d. Die Lebewesen sind genetisch verschieden und haben auch äußerlich etwas unterschiedliche Merkmale.

**b. Bitte überlege, ob es wichtig oder unwichtig ist, dass die Lebewesen gleich oder unterschiedlich sind oder nicht. Beschreibe warum. Beziehe dabei genetisch und äußerlich mit ein:**




---



---




---



---




---



---




---



---

**8. Der Polarfuchs lebt in kalten Regionen rund um den Nordpol. Sein dickes Fell schützt ihn vor der Kälte. Wie hat sich das dicke Fell ausgehend von Vorfahren ohne dickes Fell entwickelt?**

a. Die Vorfahren passten sich an die Umgebungstemperatur an, weil es für das Überleben in der Kälte notwendig war.

b. Die Vorfahren der Polarfuchse wollten in dem kalten Lebensraum überleben und entwickelten selbst ein dickes Fell.

c. Vorfahren der Polarfuchse hatten unterschiedlich dickes Fell. Füchse mit dickem Fell überlebten häufiger und vermehrten sich.

d. Der Körper der Vorfahren passte sich den kalten Bedingungen an, damit die Polarfüchse überleben konnten.

e. Mit der Zeit veränderte sich die Felldicke der Füchse automatisch, da sie dauerhaft in der Kälte lebten.

**9. Ein Elternpaar bekommt Nachwuchs. Der Vater ist ein dunkler Hauttyp und die Mutter ein heller Hauttyp. Welche Hautfarbe wird das Kind voraussichtlich haben?**

a. Das Kind wird eine ähnliche Hautfarbe haben wie Vater und Mutter, verschiedene Farbtöne sind möglich.

b. Das Kind wird eine Hautfarbe haben, die zwischen dem Hauttyp der Mutter und dem des Vaters liegt.

c. Das Kind wird entweder die gleiche Hautfarbe haben wie der Vater oder die gleiche Hautfarbe wie die Mutter.

**10. Unter den Jungtieren einer Feldmaus befindet sich eine Maus mit zufällig veränderten Genen. Was wird mit ihr geschehen?**

a. Die anderen Mäuse werden das Jungtier mit der genetischen Veränderung nicht akzeptieren.

b. Es wird aufgrund seiner Veränderungen in den Genen ein anfälliges Tier sein und früher sterben als die anderen Mäuse.

c. Es könnte trotz der Veränderung in den Genen überleben und die gleichen Chancen wie die anderen Mäuse haben, eventuell auch nicht.

d. Es wird durch die Veränderung Vorteile haben gegenüber den anderen Mäusen und lange leben.

e. Mit der genetischen Veränderung hat die Maus entweder Vorteile oder Nachteile gegenüber den anderen Mäusen.

**11. Viele Buchfinken leben auf einer Insel. Welche grundlegenden Veränderungen bei den Finken kannst Du dir im Laufe von 100 Jahren vorstellen, wenn sich die Umwelt ändert?**

- a. Einige Merkmale der Finken werden zunehmen, andere weniger vorkommen.
- b. Vorteilige Eigenschaften, die sich Finken in ihrem Leben angeeignet haben, vererben sie.
- c. Durch Veränderungen werden sie einige Merkmale häufiger nutzen, diese werden dadurch verstärkt.
- d. Die Umwelt löst nötige Veränderungen aus, wenn Merkmale unpraktisch werden.
- e. Veränderungen der Merkmale werden eintreten, diese gleichzeitig bei allen Finken.

**12. Eine Gruppe von Zauneidechsen hat folgende Eigenschaften:**

- a. Die Eidechsen haben die gleichen sichtbaren Merkmale und sind genetisch gleich.
- b. Es gibt kleine Unterschiede in den Merkmalen, die aber keinen Einfluss auf unterschiedliche Überlebenschancen der Tiere haben.
- c. Die Eidechsen sind genetisch alle gleich, haben äußerlich sichtbar aber ein paar unterschiedliche Merkmale.
- d. Kleine Unterschiede in den Merkmalen sind vorhanden und können für das Überleben entscheidend sein.

**13. Was verstehst Du unter dem Wort genetisch?**

---

---

---

---

## 2. Testphase, Test D:

Bitte kreuze die aus Deiner Sicht beste Antwortmöglichkeit an. Bei jeder Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen.

**1. Ringelnattern benötigen sonnige Plätze zum Aufwärmen. Angenommen die Sonnenplätze werden für Ringelnattern in einem Lebensraum immer weniger. Was könnte passieren?**

- a. Zufällige Eigenschaften Einzelner sind vorteilig, diese Schlangen überleben.
- b. Die Schlangen kämpfen um Sonnenplätze. Die Stärksten überleben.
- c. Die Schlangen werden sich einen anderen Lebensraum suchen.

**2. Mit welcher Aussage würde ein Biologe eine Gruppe von Gelbkopfamazonen beschreiben?**

- a. Kleine Unterschiede in den Merkmalen sind vorhanden und können für das Überleben entscheidend sein.
- b. Die Papageien sind genetisch alle gleich, haben äußerlich sichtbar aber ein paar unterschiedliche Merkmale.
- c. Es gibt kleine Unterschiede in den Merkmalen, die aber keinen Einfluss auf Überlebenschancen der Tiere haben.
- d. Die Papageien haben alle die gleichen sichtbaren Merkmale und sind genetisch gleich.

**3. Geparde können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Wie würde ein Biologe erklären, wie sich die schnellere Laufgeschwindigkeit entwickelt hat?**

- a. Die Vorfahren der Geparde wollten schneller werden.
- b. Zufällig schnell laufende Geparde haben besser überlebt und sich vermehrt.
- c. Mit der Zeit erhöhte sich die Laufgeschwindigkeit automatisch.
- d. Die Geschwindigkeit änderte sich, weil sie sonst nicht überlebt hätten.
- e. Der Körper der Geparde hat die Geschwindigkeit erhöht.

**4. Stell Dir eine Gruppe von Ringelnattern vor. Über die Zeit treten Umweltveränderungen auf. Welche Veränderungen der Merkmale der Schlangen können eintreten?**

- a. Die Schlangen können nützliche Verhaltensweisen, die sie selbst innerhalb ihres Lebens erwerben, an ihre Nachkommen vererben.
- b. Wenn die Merkmale der Schlangen nicht mehr geeignet sind, bewirkt der Körper der Schlangen genetische Veränderungen zur Anpassung.
- c. Merkmale der Schlangen, die nicht mehr gebraucht werden, nehmen ab und verschwinden mit der Zeit.
- d. Die Natur sorgt dafür, dass die Merkmale der Schlangen an die Veränderungen angepasst werden.
- e. Einzelne zufällig entstandene Merkmale einiger Schlangen werden zunehmen, andere werden seltener auftreten.

**5. Ein Elternpaar bekommt Nachwuchs. Der Vater ist ein dunkler Hauttyp und die Mutter ein heller Hauttyp. Welche Hautfarbe wird das Kind voraussichtlich haben?**

---

---

---

**6. In einer Herde von Zebras wird ein Jungtier mit einer genetischen Veränderung geboren. Welche Aussichten hat das Jungtier innerhalb der Zebraherde zu überleben?**

- a. Das Jungtier kann trotz der Veränderungen gleiche Überlebenschancen wie seine Artgenossen haben.
- b. Das Jungtier wird durch die Veränderung benachteiligt sein sodass die Gruppenmitglieder es unterstützen werden.

- c. Das Jungtier hat durch die genetische Veränderung bessere Voraussetzungen ein besonders gesundes Zebra zu werden.
- d. Das Jungtier wird benachteiligt sein und deshalb von den anderen Gruppenmitgliedern ausgestoßen werden.

**7. Auf einer Karibik-Insel leben Gelbkopfamazonen. Diese fressen Früchte oder Nüsse. Was passiert, wenn die Nahrung knapp wird?**

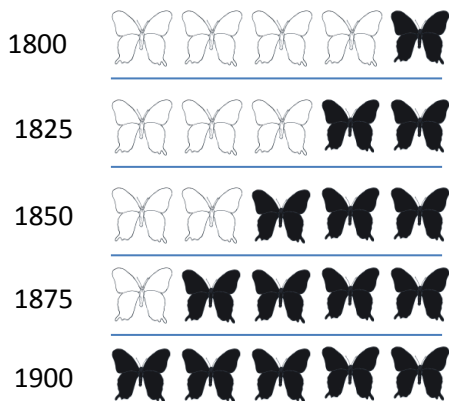
- a. Die Papageien verlassen die Insel und lassen sich an einem anderen nahrungsreicheren Ort nieder.
- b. Die Papageien streiten miteinander um die Nahrung. Überleben werden nur die Stärksten.
- c. Unterschiedliche Merkmale der Papageien führen dazu, dass ein paar zufällig über Merkmale verfügen, die gut zu der Situation passen.

**8. Eine Gruppe von Ringelnattern hat folgende Eigenschaften:**

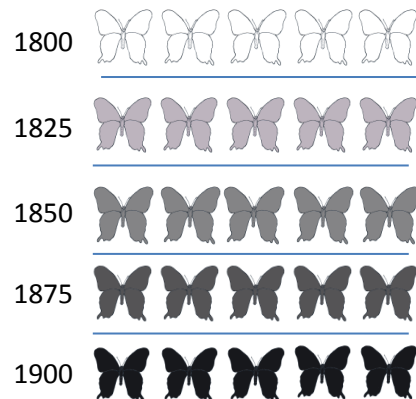
- a. Die Schlangen sehen gleich aus und sind auch identisch in den Genen.
- b. Die Schlangen sind alle etwas anders, was aber das Überleben und die Vermehrung nicht beeinflusst.
- c. Die Schlangen sind äußerlich alle etwas anders, genetisch betrachtet sind sie aber gleich.
- d. Die Schlangen unterscheiden sich alle etwas voneinander und gerade dies entscheidet unter Umständen wer besser überlebt.

**9. Bei den Birkenspannern (Schmetterling) gibt es zwei verschiedene Farbvarianten. Die dunkle Variante trat zunächst selten auf. Sie wurde aber häufiger in Industriegebieten, in denen durch Luftverschmutzung die Baumstämme dunkler wurden, auf denen die Schmetterlinge sitzen. Was denkst du wie die dunkle Farbvariante entstanden ist? Wähle eine Abbildung aus, die du passend findest.**

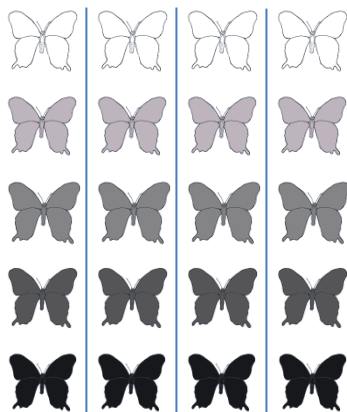
a. So über mehrere Generationen:



b. So über mehrere Generationen:



c. Innerhalb des Lebens der einzelnen Birkenspanner:



**10. Viele Gelbkopfamazonen leben auf einer Karibik-Insel. Stell dir vor durch Umweltveränderungen passen die Merkmale der Papageien nicht mehr gut zu ihrem Lebensraum. Was könnte im Laufe von 100 Jahren passieren?**

- Die Umwelt sorgt dafür, dass passenden Merkmale bei den Papageien entstehen.
- Zufällig günstige Merkmale einzelner Papageien werden häufiger, weil ihre diese sich besser vermehren.

- c. Günstige innerhalb eines Lebens angeeignete Verhaltensweisen, werden an die Nachkommen vererbt.
- d. Der Körper der Papageien ruft Veränderungen in den Genen hervor.
- e. Merkmale verschwinden, wenn sie nicht genutzt werden.

### **11. Was ist eine Tierart?**

---

---

---

---

---

### **12. Den Eisbär schützt eine dicke Fettschicht vor der Kälte am Nordpol. Wie hat sich die dicke Fettschicht ausgehend von den Vorfahren des Eisbären mit nur geringer Fettschicht entwickelt?**

- a. Die Anpassung der Vorfahren an die Umgebungstemperaturen fand statt, weil es für das Überleben in der Kälte notwendig war.
- b. Die Vorfahren haben sich diesen Lebensraum ausgesucht und entwickelten deshalb eine dicke Fettschicht.
- c. Die Vorfahren hatten unterschiedlich dicke Fettschichten. Diejenigen mit dicker Fettschicht konnten sich besser vermehren.
- d. Der Körper der Eisbären passte sich den kalten Bedingungen an und entwickelte eine dicke Fettschicht.
- e. Mit der Zeit fand durch die kalten Außentemperaturen automatisch eine Anpassung statt und die Fettschicht wurde dicker.



**13. Unter den Jungtieren einer Kaninchengruppe befindet sich ein Tier mit zufällig veränderten Genen. Was wird mit ihm geschehen?**

- a. Es wird Vorteile gegenüber den anderen Kaninchen haben und länger leben.
- b. Es könnte trotz der Veränderung in den Genen überleben und die gleichen Chancen wie die anderen Kaninchen haben.
- c. Es wird aufgrund seiner Veränderung in den Genen ein anfälliges Tier sein, sodass die Anderen es nicht akzeptieren werden.
- d. Das Jungtier wird schwach und anfällig sein, deswegen werden die Anderen es unterstützen.

**14. Eine kleine Frau und ein großer Mann zeugen ein Kind. Welche Körpergröße kann das Kind des Paares haben?**

---

---

---

---

---

---

---

## 2. Testphase, Test E:

Bitte kreuze die aus Deiner Sicht beste Antwortmöglichkeit an. Bei jeder Frage bitte nur eine Antwort ankreuzen.

**1. Ringelnattern benötigen sonnige Plätze zum Aufwärmen. Angenommen die Sonnenplätze werden für Ringelnattern in einem Lebensraum immer weniger. Was könnte passieren?**

- a. Zufällige Eigenschaften einiger Schlangen sind vorteilig, diese überleben.
- b. Die Schlangen kämpfen um Sonnenplätze. Die Stärksten überleben.
- c. Die Schlangen werden sich einen anderen Lebensraum suchen.

**2. In einer Herde von Zebras wird ein Jungtier mit einer genetischen Veränderungen geboren. Welche Aussichten hat das Jungtier innerhalb der Zebraherde zu überleben?**

- a. Das Jungtier kann gleiche Überlebenschancen haben.
- b. Das Jungtier wird anfälliger für Krankheiten sein und schwach sein.
- d. Die anderen Gruppenmitglieder werden das Tier unterstützen.
- c. Das Jungtier hat bessere Voraussetzungen ein gesundes Zebra zu werden.

**3. Eine kleine Frau und ein großer Mann zeugen ein Kind. Welche Körpergröße kann das Kind des Paares haben?**

- a. Das Kind ist entweder so groß wie die Mutter oder der Vater.
- b. Das Kind kann eine ähnliche, aber andere Körpergröße haben als die Eltern.
- c. Das Kind wird eine Größe haben, die zwischen der Größe von Mutter und Vater liegt.

**4. Stell Dir eine Gruppe von Ringelnattern vor. Über die Zeit treten Umweltveränderungen auf. Welche Veränderungen der Merkmale der Schlangen können eintreten?**

- Merkmale der Schlangen, die nicht mehr gebraucht werden, nehmen ab und verschwinden mit der Zeit.
- Die Schlangen können nützliche Verhaltensweisen, die sie selbst innerhalb ihres Lebens erwerben, an ihre Nachkommen vererben.
- Wenn die Merkmale der Schlangen nicht mehr geeignet sind, bewirken die Schlangen genetische Veränderungen, um sich anzupassen.
- Einzelne zufällig entstandene Merkmale einiger Schlangen werden zunehmen, andere werden seltener auftreten.
- Die Natur sorgt dafür, dass die Merkmale der Schlangen an die Veränderungen angepasst werden.

**5 a. Welche Aussage trifft für die Wildpferde, die Lamas, die Löwenzahnpflanzen und die Blattläuse zu? Bitte schreibe für jede Art die Antwort in das Kästchen. Die einzelnen Antworten können mehrmals oder garnicht verwendet werden.**







weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

weil:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- Alle Lebewesen haben die gleichen sichtbaren Merkmale und sind genetisch gleich.
- Die Lebewesen sind genetisch gleich, haben äußerlich sichtbar aber ein paar unterschiedliche Merkmale.
- Die Lebewesen sind genetisch unterschiedlich, haben aber die gleichen äußeren Merkmale.

d. Die Lebewesen sind genetisch verschieden und haben auch äußerlich etwas unterschiedliche Merkmale.

**b. Bitte überlege, ob es wichtig oder unwichtig ist, dass die Lebewesen gleich oder unterschiedlich sind oder nicht. Beschreibe auch warum. Beziehe dabei genetisch und äußerlich mit ein:**




---



---




---



---




---



---




---



---

**6. Geparden können bis zu 96 km/h laufen, wenn sie ihre Beute jagen. Ihre Vorfahren konnten dagegen nur eine Geschwindigkeit von 32 km/h erreichen. Wie würde ein Biologe erklären, wie sich die schnellere Laufgeschwindigkeit entwickelt hat?**

- a. Die Vorfahren der Geparde wollten schneller werden.
- b. Zufällig schnell laufende Geparde haben besser überlebt und sich vermehrt.
- c. Mit der Zeit erhöht sich die Laufgeschwindigkeit automatisch.
- d. Die Geschwindigkeit der Geparde änderte sich, weil es notwendig war.
- e. Der Körper der Geparde hat die Geschwindigkeit erhöht.

**7. Unter den Jungtieren einer Kaninchengruppe befindet sich ein Tier mit zufällig veränderten Genen. Was wird mit ihm geschehen?**

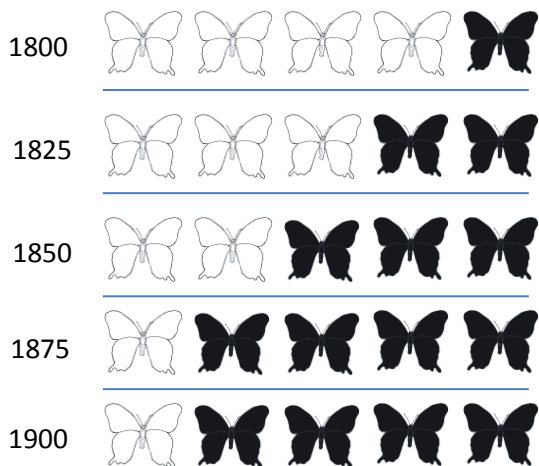
- a. Es wird aufgrund seiner Veränderung in den Genen ein anfälliges Tier sein und früher sterben als die anderen Kaninchen.
- b. Es könnte trotz der Veränderung in den Genen überleben und die gleichen Chancen wie die anderen Kaninchen haben.
- c. Es wird Vorteile gegenüber den anderen Kaninchen haben und länger leben.
- d. Die Gruppenmitglieder werden das Kaninchen mit der genetischen Veränderung besonders unterstützen.

**8. Auf einer Karibik-Insel leben Gelbkopfamazonen. Diese fressen Früchte oder Nüsse. Was passiert, wenn die Nahrung knapp wird?**

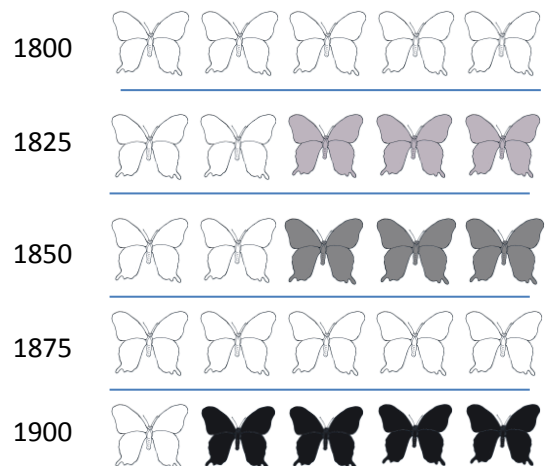
- a. Die Papageien werden sich einen anderen Lebensraum suchen, in dem es mehr Futter gibt, und dort weiter leben.
- b. Die Papageien auf der Insel kämpfen gegeneinander um Futter. Die Stärkeren überleben.
- c. Einige Papageien haben zufällig Merkmale, die ihnen ermöglichen, mit den Veränderungen zurecht zu kommen und zu überleben.

**9. Bei den Birkenspannern gibt es zwei verschiedene Farbvarianten. Die dunkle Variante trat zunächst selten auf. Sie wurde aber häufiger in Industriegebieten, in denen durch Luftverschmutzung die Baumstämme dunkler wurden, auf denen sie sitzen. Was denkst du wie die dunkle Farbvariante entstanden ist? Wähle eine Abbildung aus, die du passend findest.**

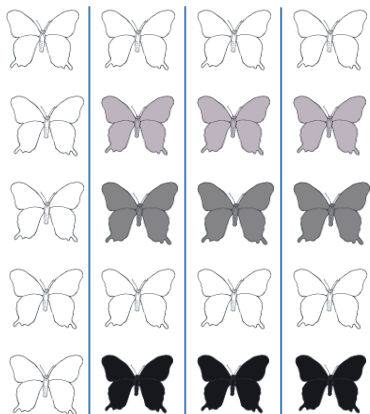
a. So über mehrere Generationen:



b. So über mehrere Generationen:



c. Innerhalb des Lebens der einzelnen Birkenspanner:



**10. Mit welcher Aussage würde ein Biologe eine Gruppe von Gelbkopfamazonen beschreiben?**

- a. Die Papageien haben alle die gleichen sichtbaren Merkmale und sind genetisch gleich.
- b. Es gibt kleine Unterschiede in den Merkmalen, die aber keinen Einfluss auf Überlebenschancen der Tiere haben.
- c. Die Papageien sind genetisch alle gleich, haben äußerlich sichtbar aber ein paar unterschiedliche Merkmale.
- d. Kleine Unterschiede in den Merkmalen sind vorhanden und können für das Überleben entscheidend sein.

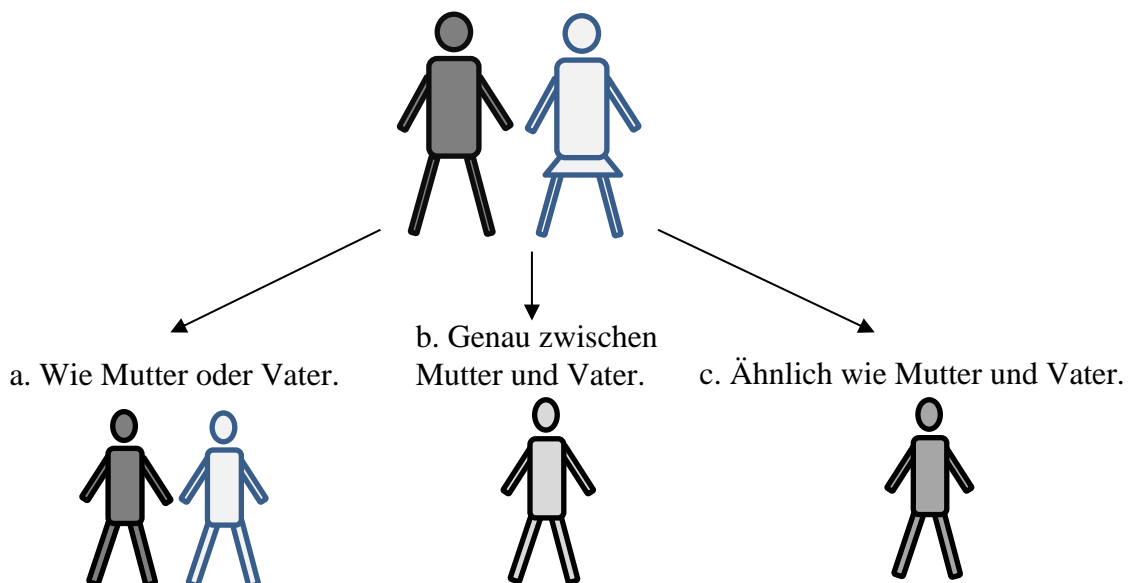
**11. Viele Gelbkopfamazonen leben auf einer Karibik-Insel. Welche grundlegenden Veränderungen kannst Du dir im Laufe von 100 Jahren vorstellen, wenn sich die Umwelt ändert?**

- a. Die Umwelt wird entsprechende Veränderungen der Merkmale der Papageien hervorrufen.
- b. Einige Merkmale von Papageien werden innerhalb der Gruppe zunehmend häufiger vertreten sein, während andere selten vorkommen.
- c. Günstige Verhaltensweisen, die sich einzelne Papageien in ihrem Leben angeeignet haben, werden sie an ihre Nachkommen vererben.
- d. Die Papageien rufen Veränderungen in ihren Genen hervor und es entstehen Merkmale, die zu den Umweltveränderungen passen.
- e. Merkmale der Papageien, die auf Grund der Umweltveränderungen überflüssig werden, nehmen ab und verschwinden.

**12. Den Eisbär schützt eine dicke Fettschicht vor der Kälte am Nordpol. Wie hat sich die dicke Fettschicht ausgehend von den Vorfahren des Eisbären mit nur geringer Fettschicht entwickelt?**

- a. Die Anpassung der Vorfahren an die Umgebungstemperaturen fand statt, weil es für das Überleben in der Kälte notwendig war.
- b. Die Vorfahren wollten in dem kalten Lebensraum überleben und entwickelten deshalb eine dicke Fettschicht.
- c. Die Vorfahren hatten unterschiedlich dicke Fettschichten. Diejenigen mit einer dicken Fettschicht konnten sich gut vermehren.
- d. Der Körper der Eisbären passte sich den kalten Bedingungen an und entwickelte eine dicke Fettschicht.
- e. Mit der Zeit fand durch die kalten Außentemperaturen automatisch eine Anpassung statt und die Fettschicht wurde dicker.

**13. Ein Elternpaar bekommt Nachwuchs. Der Vater ist ein dunkler Hauttyp und die Mutter ein heller Hauttyp. Welche Hautfarbe wird das Kind voraussichtlich haben?**





**14. Was verstehst Du unter dem Wort vererben?**

---

---

---

---

**Weitere Daten des Anhangs der Vorstudie befinden sich auf CD (letzte Seite):**

- Statistik (Rohdaten, klassische Testkriterien aller Aufgaben)
- Begründungen (Rohdaten, Häufigkeitsverteilung, Kodierung)
- Auswertung Sicherheitsempfinden

## Anhang B: Hauptstudie

Finale Aufgaben als Ergebnisse der Interviewanalyse:

Bitte wähle eine oder mehrere Antworten aus:

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

- a. Die Geparde nutzten ihre Muskeln häufiger. Dadurch wurden sie schneller und vererbten dies an die Nachkommen.
- b. Die Geparde sind schneller geworden, weil es für das Jagen von ausreichend Beutetieren notwendig war.
- c. Einige Geparde waren schneller und haben mehr Beute gefangen. Dadurch haben sie sich besser vermehrt als andere.
- d. Die Geparde haben erkannt, dass sie schneller laufen mussten, um ihre Beute fangen zu können.
- e. Die Geparde haben sich angepasst, bis sie schneller waren und besser Beute fangen konnten.

Bitte begründe die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten so genau wie möglich:

---

**Ende des 19. Jahrhunderts führte der Wissenschaftler August Weismann folgendes Experiment durch: Er schnitt Mäusen die Schwänze ab, um festzustellen, welche Auswirkungen dies auf die Nachkommen haben würde. Wie haben die Nachkommen dieser Mäuse ausgesehen?**

- a. Das Abschneiden hatte keinen Einfluss auf die Schwanzlänge der Nachkommen.
- b. Die direkten Nachkommen dieser Mäuse hatten keinen Schwanz mehr.
- c. Die Nachkommen der Mäuse hatten nach mehreren Generationen keinen Schwanz mehr.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

*Weitere Aufgabe, die den Aspekt der Vorteile einbezieht:*

**Angenommen der Wissenschaftler lässt die Mäuse in einem Waldgebiet frei, in welchem viele Schleiereulen leben, die sich von Mäusen ernähren. Die Schleiereulen fangen Mäuse am Schwanz. Wie würden die Nachkommen der Mäuse aussehen?** (vgl. Johannsen & Krüger 2005)

- a. Die direkten Nachkommen der Mäuse hätten einen kurzen Schwanz, weil dieser das Überleben sichert.
- b. Die Nachkommen der Mäuse hätten nach mehreren Generationen einen kurzen Schwanz.
- c. Die Nachkommen der Mäuse hätten einen langen Schwanz, wie ihre Vorfahren.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

Definition „Generation“: Eine Altersgruppe verwandter oder nicht verwandter Lebewesen.

**In einer Herde von Zebras wird ein Fohlen mit einer Veränderung in den Genen geboren. Welche Auswirkungen wird diese Veränderung im Leben des Fohlens haben?**

- a. Die genetische Veränderung könnte Vor- oder Nachteile ergeben, oder keins von beidem.
- b. Das Fohlen wird Nachteile durch die genetische Veränderung haben und früher sterben.
- c. Das Fohlen kann entweder Vorteile oder Nachteile durch die genetische Veränderung haben.
- d. Das Fohlen wird wahrscheinlich eher Nachteile als Vorteile durch die genetische Veränderung haben.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

Bitte wähle eine oder mehrere Antworten aus:

**Enten sind Wasservögel. Ihre Füße besitzen Schwimmhäute mit denen sie schnell schwimmen können. Ihre Vorfahren sind Landvögel, die keine Schwimmhäute hatten. Durch eine Umweltkatastrophe wurde der Lebensraum an Land stark eingeschränkt. Wie lässt sich die Entstehung der Schwimmhäute in der Entwicklung vom Land- zum Wasservogel erklären?**

- a. Die Füße der Vorfahren haben sich durch das häufige Aufhalten im Wasser an die Fortbewegung im Wasser angepasst.
- b. Die Schwimmhäute entstanden durch zufällige genetische Veränderungen. Vorfahren der Enten mit dieser Veränderung haben sich besser vermehrt.
- c. Die Vorfahren der Enten haben gemerkt, dass sie ohne Schwimmhäute nicht gut schwimmen können.
- d. Die Vorfahren der Enten haben sich an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit sie sich besser bewegen können.
- e. Die Natur hat die Vorfahren der Enten an die Lebensweise im Wasser angepasst, damit diese sich besser bewegen können.

Bitte begründe die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten so genau wie möglich:

---

**Eine schwangere Frau und ihr Mann erwarten einen Sohn. Sie überlegen, welche Augenfarbe ihr Sohn haben könnte, wenn er erwachsen ist. Der Mann hat blaue Augen und die Frau braune Augen. Welcher Antwort stimmst du zu?**

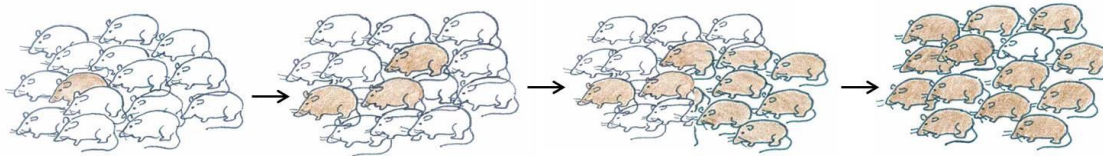
- a. Er wird entweder die Augenfarbe der Mutter haben, die des Vaters oder einer der Großeltern.
- b. Er wird eine Mischung der Augenfarben der Eltern haben, eine kann stärker ausgeprägt sein.
- c. Er wird überwiegend die Augenfarbe des Vaters haben, da Söhne mehr von den Vätern erben.
- d. Es sind verschiedene Augenfarben möglich, er könnte auch eine Augenfarbe haben, die keiner der Vorfahren hatte.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

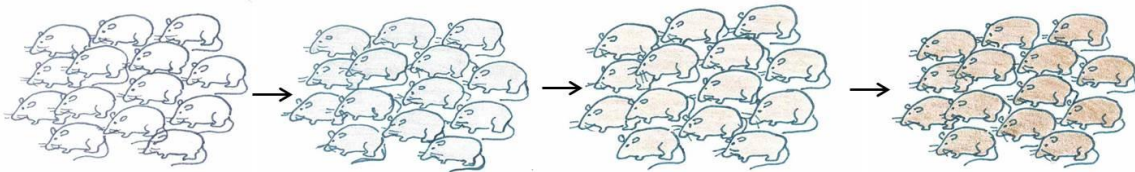
---

Eine Gruppe von weißen und braunen Mäusen lebte in einem Kornspeicher, in dem wenig Licht vorhanden war. Da die Mäuse so viel Schaden anrichteten, wurden zur Schadensbegrenzung Katzen in dem Speicher ausgesetzt. Nach einiger Zeit gab es weniger Mäuse und diese waren braun. Wie mag die Veränderung von der Mischung weißer und brauner Mäuse zu braunen Mäusen stattgefunden haben?

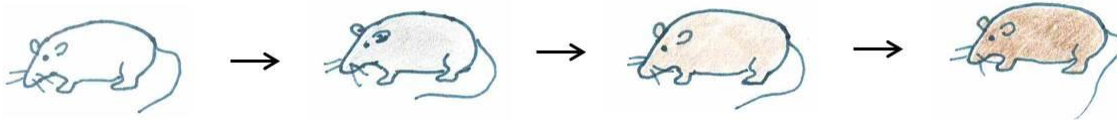
a. Über mehrere Generationen so:



b. Über mehrere Generationen so:



c. Innerhalb des Lebens der Mäuse so:



Bitte begründe die Antwort bzw. die Auswahl mehrerer Antworten so genau wie möglich:

**Stell Dir Buchfinken vor, die in einem Waldgebiet leben. Diese fressen z.B. Samen und Beeren. Was passiert, wenn durch steigende Temperaturen im Sommer nur wenige Samen und Beeren verfügbar sind?**

a. Damit die Buchfinken trotz der Nahrungsnot überleben können, treten genetische Veränderungen ein.

b. Die Buchfinken verändern sich von Generation zu Generation bis sie gut an die Veränderungen angepasst sind.

c. Verschiedene Buchfinken überleben mit unterschiedlich viel Beeren, einige sterben. Solche, die wenig brauchen, vermehrten sich besser.

d. Die Buchfinken streiten miteinander um Futter. Die Stärksten überleben und vermehrten sich, die anderen sterben.

Bitte begründe die Antwort so genau wie möglich:

---

## Definitionen der Konzepte:

### **Geparden-Aufgabe:**

Leistungssteigerung durch bessere Nahrung, Gesundheit durch bessere Nahrung: Durch bessere Nahrung (auch mehr) nimmt die Leistungssteigerung und die Gesundheit der Geparde zu.

Beuteerfolg durch Schnelligkeit: Durch Schnelligkeit wird mehr (oder bessere) Beute gefangen.

Individuelle Leistungssteigerung: Die Leistung steigt durch eigene Anstrengung (nicht durch Vererbung).

Zufällige Nahrungsvorteile: Zufällig sind Individuen erfolgreicher beim Beutefang.

Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg: Durch Beuteerfolg der Eltern sind die Nachkommen gesünder.

Verbesserung durch Nahrung, Verbesserung durch Training: Eine Verbesserung der Lebensumstände wird durch bessere Nahrung oder Training der Muskeln erreicht.

Häufiger Gebrauch als Training: Durch das häufige Anstrengen der Muskeln, werden diese trainiert.

Häufiger Gebrauch der Muskeln: Die Muskeln werden häufig gebraucht, wodurch die Leistung zunimmt.

Vererbung erworbener Laufgeschwindigkeit: Die erworbene Laufgeschwindigkeit wird an die Nachkommen vererbt.

Angepasstheit durch Erkenntnis: Durch die Erkenntnis von einer notwendigen Anpassung, wird der angepasste Zustand erreicht.

Gezielte Leistungssteigerung durch Lernen: Die Leistung wird durch absichtliches „Üben“ oder „Lernen“ erhöht.

Graduelle Anpassung (vgl. Baalman et al. 2004): Anpassung wird nach und nach erreicht.

Anpassungs-Erkentnis (vgl. Baalman et al. 2004): Individuen haben die Erkenntnis, dass eine Anpassung notwendig ist.

Vererbung von Merkmalen: Merkmale werden vererbt.

Vererbung erworbener Muskeln: In einem Leben erworbene Muskeln werden an die Nachkommen vererbt.

Zwei Typen, Ein Typus: Individuen einer Gruppe werden einem Typus oder zwei Typen (Vereinheitlichung) zugeordnet.

Anpassung aus Notwendigkeit (vgl. Baalman et al. 2004), Vererbung aus Notwendigkeit: Weil es notwendig ist für das Überleben der Lebewesen findet Anpassung oder Vererbung statt.

Anpassung wegen schnellerer Beute: Anpassung (hier im Sinne gesteigerter Laufgeschwindigkeit) findet durch eine Zunahme der Laufgeschwindigkeit der Beutetiere statt.

Leistungssteigerung als Weiterentwicklung: Lebewesen entwickeln sich weiter (im Sinne eines Fortschritts) durch gesteigerte Laufgeschwindigkeit.

Vererbung des Potentials: Das Potential, nicht die Eigenschaft, wird vererbt, sodass das Individuum auch selbst dafür verantwortlich ist, ob die Eigenschaft ausgeprägt wird und in welchem Maße.

Erkenntnis des Körpers (vgl. Baalman et al. 2004): Der Körper verfügt über die Fähigkeit, sich der Lage bewusst zu sein.

Körper macht Anpassung: Der Körper bewirkt die Anpassung.

Übertragung in die Gene: Erworbene Eigenschaften bleiben dauerhaft bestehen und sind dann genetisch festgelegt.

Vererbung genetischer Eigenschaften: Genetisch bedingte Eigenschaften werden vererbt.

Genotyp entspricht Phänotyp (vgl. Frerichs 1999): Gene sind direkt mit Merkmalen verbunden.

Vererbung als Weitergabe (vgl. Frerichs 1999): Vererbung bedeutet die Weitergabe von Eigenschaften oder Merkmalen an die Nachkommen.

Erkenntnisinduzierte genetische Umstellung (vgl. Weitzel 2006): Auf Grund der Erkenntnis von einer notwendigen Anpassung werden genetische Anpassungen vorgenommen.

Konkurrenzlose Einzelgänger: Weil die betroffenen Lebewesen Einzelgänger sind, konkurrieren sie nicht mit Artgenossen.

Bessere Vermehrung durch Schnelligkeit, Beuteerfolg führt zu besserer Vermehrung:

Durch besondere Schnelligkeit oder Beuteerfolg können sich diese Individuen besser vermehren.

Natürliche Veränderung in der Zeit: Es ist ganz natürlich, dass Veränderung im Laufe der Zeit einfach stattfinden.

Weiterentwicklung als Verbesserung: Durch die Verbesserung der individuellen Umstände findet eine Weiterentwicklung im positiven Sinne statt.

Ontogenetisch bedingte Veränderung: Im Laufe der Entwicklung vom juvenilen zum adulten Lebewesen treten Veränderungen ein.

Adaptierende Individuen (vgl. Baalman et al. 2004): Individuen passen sich an.



Gesündere Nachkommen durch Beuteerfolg: Durch erfolgreiches Beutemachen der Eltern sind die Nachkommen gesünder.

Vermehrung in Abhängigkeit der Körperproportionen: Vermehrung ist abhängig von den Körperproportionen, ob jemand dick oder dünn ist.

### **Weismann-Aufgabe:**

Merkmalspeicherung: Merkmale sind im Körper gespeichert bzw. dass diese entstehen.

Kontinuierliche Weitergabe (vgl. Frerichs 1999): Merkmale werden kontinuierlich an weitere Generationen weitergegeben.

Weitergabe an direkte Nachkommen: Erworbene Merkmale werden nur die direkten Nachkommen weitergegeben.

Weitergabe erworbener Schwanzlänge: Die erworbene Schwanzlänge wird weitergegeben.

Merkmalspeicherung in den Geschlechtszellen: Die Anlage zu den Merkmalen ist in den Geschlechtszellen gespeichert.

Unbedeutendes Merkmal: Das betreffende Merkmal ist unbedeutend und bringt keine Vorteile für das Individuum.

Nachwachsen des Schwanzes: Der Schwanz wächst nach der Entfernung wieder nach.

Erben ursprünglicher oder erworbener Schwanzlänge: Die Nachkommen können sowohl die ursprüngliche Schwanzlänge, als auch die erworbene Schwanzlänge erben.

Individuen als Akteure: Individuen sind sich der möglichen Veränderung bewusst und bewirken diese auch selbst.

Vererben bei Verlust von Gliedmaßen: Auch wenn Merkmale beispielsweise durch einen Unfall oder bewusstes Entfernen wegfallen, erben die Nachkommen dieser Individuen diese Merkmale.

Einfluss genetischer Veränderung: Damit Merkmale bei einem Individuum ausgeprägt sein können, die vorher nicht vorhanden waren (bzw. nicht bei den Eltern), müssen entsprechende genetische Veränderungen eintreten.

Weitergabe nützlicher Merkmale, Weitergabe bei Vorteilen: Merkmale werden an die Nachkommen weitergegeben, wenn sie nützlich sind bzw. mit besonderen Vorteilen für das Individuum verbunden sind.

Graduelle Merkmalsveränderung über Generationen: Merkmale verändern sich nach und nach über mehrere Generationen.

Generation als Ahnenfolge: Eine Generation ist eine Ahnenfolge bzw. verwandte Individuen aufeinanderfolgender Generationen.

Auftreten gezielter Merkmale: Merkmale treten gezielt auf und nicht zufällig.

Gleiches Aussehen aller Individuen: Individuen einer Gruppe sehen alle gleich aus bzw. teilen alle wesentlichen Merkmale.

Weitergabe an mehrere Generationen: Merkmale werden an mehrere Generationen weitergegeben, nicht an alle folgenden.

Entwicklungsbedingte Regeneration: Im Laufe der individuellen Entwicklung regenerieren sich Verletzungen und Merkmalsverluste.

Verlust von Genen: Durch Entfernen von Merkmalen können Gene verloren gehen.

Graduelle Merkmalsveränderung über Generationen: Merkmale werden nach und nach über mehrere Generationen verändert.

### **Wildpferde-Aufgabe:**

Andersartigkeit durch genetische Veränderungen: Individuen mit genetischen Veränderungen unterscheiden sich von den anderen Gruppenmitgliedern und weichen von der Norm ab.

Soziale Nachteile durch Andersartigkeit: Die Andersartigkeit durch genetische Veränderungen führt zu sozialen Nachteilen, wie ausgestoßen sein, oder abgelehnt werden.

Gesunde Gene, Ungesunde Gene: Gene können gesund oder ungesund sein und sich entsprechend auswirken.

Frühzeitiger Tod durch unpassende Gene: Wenn ein Individuum über unpassende Gene, die bei einer fehlerhaften Vermehrung entstanden sind, verfügt, kann es dadurch früher sterben als die Artgenossen.

Genetische Veränderungen durch interspezifische Verpaarung: Genetische Veränderungen bei Individuen treten auf, wenn die Eltern unterschiedlicher Arten angehören.

Vor- und Nachteile durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen können Vor- oder Nachteile für das Individuum bewirken.

Genetische Veränderungen haben Auswirkungen: Genetische Veränderungen wirken sich in jeden Fall phänotypisch aus.

Vorteile bei Normalisierung: Durch Normalisierungen nach einer Andersartigkeit aufgrund genetischer Veränderungen könne Vorteile für dieses Individuum im Zusammenhang mit genetischen Veränderungen entstehen.

Unterschiede für Haus- und Wildform: Individuen einer Art, die domestiziert sind, unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lebensbedingungen von der Wildform. Damit sind vorteilige oder nachteilige Lebensbedingungen gemeint.

Körperliche Nachteile durch genetische Veränderungen, Körperliche Vorteile durch genetische Veränderungen:

Durch genetische Veränderungen treten körperliche Vor- oder Nachteile ein.

Medizinische Hilfe mindert Auswirkungen, Nachteile durch mangelnde Versorgung: Negative Auswirkungen genetischer Veränderungen können durch die medizinische Versorgung, die domestizierten Tie-

ren zuteil wird, gemindert werden. Durch mangelnde medizinischer Versorgung entstehen Nachteile für die Betroffenen.

Gene als fehlerhafte Merkmale: Gene werden mit fehlerhaften Merkmalen in direkte Verbindung gesetzt, wobei Gene mit Merkmalen gleichgesetzt werden.

Körperliche Vor- und Nachteile durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen führen zu körperlichen Vor- und Nachteilen. Neutrale Auswirkungen werden hier nicht in Betracht gezogen.

Vorteile durch geringes Beuterisiko: Vorteile ergeben sich, wenn Merkmale oder Eigenschaften dazu führen, dass das Risiko zum Beuteopfer zu werden, sinkt.

Auswirkungen sind sekundäre Nachteile: Auswirkungen genetischer Veränderungen zeigen sich sekundär, indem beispielsweise phänotypische Erscheinungen wiederum zu sozialen Nachteilen führen. Dabei bezieht sich die Auswirkung auf die sozialen Nachteile.

Frühzeitiger Tod durch Krankheit: Durch Krankheiten aufgrund genetischer Veränderungen stirbt ein Individuum früher.

Frühzeitiger Tod als Beuteopfer: Auswirkungen der genetischen Veränderung bewirken, dass das betroffene Individuum schneller zum Beuteopfer wird und dadurch früher stirbt als Artgenossen.

Fürsorge als sekundärer Vorteil: Wenn ein Individuum durch genetische Veränderungen körperliche Nachteile hat, kümmern sich die Artgenossen mehr um dieses Individuum, wodurch Vorteile entstehen.

Außenseiter durch Andersartigkeit (vgl. Zabel 2009): Weil die genetische Veränderung zu Andersartigkeit führt, werden diese Individuen zu Außenseitern.

Körperliche Nachteile durch Krankheit: Durch genetische Veränderungen entstehen Krankheiten, die zu körperlichen Nachteilen führen.

Gesundheitliche Vorteile durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen können besondere gesundheitliche Vorteile bewirken.

Gesundheitliche ≠ morphologische Nachteile: Gesundheitliche Nachteile werden von morphologischen Nachteilen unterschieden. Gesundheitliche Nachteile beziehen sich dabei auf Krankheiten, wie beispielsweise Herzprobleme (innere Organe), während bei morphologischen Nachteilen beispielsweise ein Bein fehlt.

Morphologische Vorteile durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen können morphologische Vorteile (z.B. ein Bein mehr) bewirken.

Verschiedene Genveränderungen: Genetische Veränderungen können sich sehr verschiedenartig auswirken.

Fehlerhaftigkeit der Körperfunktionen: Körperfunktionen können aufgrund genetischer Veränderungen fehlerhaft sein.

Fehlerhaftigkeit durch andere Gene: Genetische Veränderungen werden hier mit „anderen“ Genen verglichen, die ein Individuum seit Geburt haben kann und dann zu fehlerhaften Körperfunktionen führen.

Auswirkungen durch falsche Gene: Genetische Veränderungen werden hier in Zusammenhang mit „falschen“ Genen gebracht, die bei einem Individuum auftreten und sich negativ auswirken.

Geistige Andersartigkeit durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen können dazu führen, dass ein Individuum geistig von der Norm abweicht. Es wird nicht genauer beschrieben, ob diese Andersartigkeit positiv oder negativ ist.

Angeborene Behinderung: Genetische Veränderungen führen zu Behinderungen, die von Geburt an bestehen.

Physiologische Vorteile durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen können zu physiologischen Vorteilen führen, wie ein besonders guter Geschmacks- oder Geruchssinn.

Gene bewirken Ähnlichkeit: Gene werden mit Merkmalen gleichgesetzt, die bei Verwandten ähnlich sind. Die Übereinstimmungen oder Ähnlichkeiten werden den Genen zugeschrieben und nicht weiter differenziert.

Abweichende Merkmale durch genetische Veränderungen: Individuen mit genetischen Veränderungen haben von den Artgenossen abweichende Merkmale.

Krankheit durch genetische Veränderungen: Genetische Veränderungen führen zu Krankheiten.

Ablehnung durch körperliche Nachteile: Genetische Veränderungen bewirken körperliche Nachteile, die wiederum zu Ablehnung durch Artgenossen führen.

Möglichkeit von Auswirkungen: Genetische Veränderungen können Auswirkungen haben, es können aber auch keine Auswirkungen resultieren.

Genetisch bedingte geistige Vorteile, genetisch bedingte geistige Nachteile: Aufgrund der genetischen Veränderung können entsprechende Individuen geistig bevorteilt oder benachteiligt sein.

### **Hasen-Aufgabe:**

Automatische und gezielte Veränderung: Veränderungen treten gezielt und automatisch ein, wenn sie nötig sind.

Anpassungs-Erkenntnis (vgl. Baalman et al. 2004): Individuen haben die Erkenntnis, dass eine Anpassung notwendig ist.

Adaptierende Individuen (vgl. Baalman et al. 2004): Individuen passen sich selbst an.

Umweltveränderung über Generationen: Umweltveränderungen erstrecken sich zeitlich über mehrere Generationen der Lebenswesen.

Umweltabhängige Anpassung (vgl. Zabel 2009): Anpassung findet in Abhängigkeit der Umweltveränderungen statt bzw. weil die Umwelt sich verändert.

Graduelle Fellveränderung: Das Fell der Individuen verändert sich nach und nach.

Lebensraumabhängige Fellunterschiede: Je nachdem wo unterschiedliche Gruppen oder Individuen leben, haben sie bestimmte Fellfarben. Dabei spielt die Umgebung eine Rolle (z.B. weißes Fell in schneereichen Regionen).

Gezielte Anpassung von Individuen: Die Anpassung von Individuen findet absichtlich und nicht zufällig statt.

Umweltveränderung überdauert Hasenleben: Umweltveränderungen erstrecken sich über einen Zeitraum, der ein Hasenleben überdauert, bis sie abgeschlossen sind.

Saisonal bedingte Fellveränderung: Die Fellfarbe der Hasen verändert sich im Laufe der Jahreszeiten.

Anpassung an die Natur: Die Individuen passen sich an die Natur an.

Dauerhafte Fellveränderung: Das Fell der Individuen verändert sich dauerhaft nicht saisonal.

Zunahme andersgefärbter Individuen: Mit der Zeit oder über Generationen nehmen Individuen mit anderer Fellfarbe zu. Dabei verändert sich nicht die Fellfarbe einzelner Individuen.

Anpassung innerhalb eines Lebens: Anpassung findet innerhalb der Zeitspanne eines Lebens der Individuen statt.

Zeitlich versetzte Fellveränderung: Die Fellfarbe verändert sich zeitlich versetzt bei den Individuen einer Population.

Anpassung von Individuen: Anpassung zeigt sich in der Anpassung von Individuen nicht von Populationen.

Vererbung erworbener Merkmale: Innerhalb eines Lebens erworbene Merkmale werden an die Nachkommen weitergegeben.

Temperaturbedingte Fellveränderung: Die Fellfarbe ändert sich durch saisonal bedingte Temperaturunterschiede.

Begrenzte Fellvarianten: Es gibt nur sehr wenige Fellfarbe bei Hasen, sodass verschiedene Farbstufen zwischen weiß und braun abwegig sind.

Gezielte Anpassung über Generationen: Anpassung findet absichtlich und gezielt über mehrere Generationen statt.

Parallele Veränderung der Individuen: Individuen einer Population verändern sich alle gleichzeitig.

Parallele Vermehrung der Individuen: Individuen einer Population vermehren sich alle gleichzeitig.

Graduelle Felländerung über Generationen: Die Fellfarbe der Individuen verändert sich nach und nach mit der Zeit über mehrere Generationen.

### **Buchfinken-Aufgabe:**

Ausreichende Nahrungsressourcen: Auch bei Nahrungsknappheit ist genug Futter vorhanden, um zu überleben.

Suchen alternativer Nahrung: Die Individuen können sich statt der gewohnten Nahrung alternative Nahrungsquellen suchen.

Überleben in Abhängigkeit der Nahrungsansprüche: Je nachdem wie anspruchsvoll Individuen bei der Nahrungswahl sind können sie bei Nahrungsknappheit überleben (weil sie sich Alternativen suchen) oder verhungern.

Altersabhängige Nahrungsansprüche: Die Nahrungsansprüche (z.B. Menge) hängen vom Alter ab.

Größenabhängige Nahrungsansprüche: Die Nahrungsansprüche hängen von der Größe ab. Große Tiere brauchen mehr Futter.

Lebensraumabhängige Angepasstheit: Die Angepasstheit und damit auch die Nahrungsansprüche hängen vom Lebensraum ab.

Natur als Akteur: Die Natur passt die Lebewesen an die Umgebung an.

Angepasstheit durch geringen Nahrungsbedarf: Lebewesen mit geringem Nahrungsbedarf sind bei Nahrungsknappheit angepasst.

Bessere Vermehrung bei geringen Nahrungsansprüchen: Lebewesen mit geringem Nahrungsbedarf können sich besser vermehren, weil dann mehr Futter für mehrere Individuen vorhanden ist.

Arterhaltende Anpassung (vgl. Baalman et al. 2004): Die Anpassung ist nützlich für die Art bzw. für „alle“.

Direkter Konflikt durch Nahrungskonkurrenz: Nahrungskonkurrenz ergibt sich durch einen direkten Konflikt von Lebewesen um Futter, z.B. körperliche Auseinandersetzung an einer Futterressource.

Überleben der Stärksten: In Lebenssituationen in denen beispielsweise wenig Futter vorhanden ist, überleben die Stärksten, die körperlich überlegen sind.

Bessere Vermehrung der Stärksten: Durch den besseren Nahrungszugang der Stärksten in einer Gruppe könne diese sich auch besser vermehren.

Anpassung in einer Saison: Der Anpassungsprozess ist innerhalb einer Saison (innerhalb eines Sommers) abgeschlossen.

Anpassung muss sich lohnen: Anpassung findet nur dann statt, wenn sie sich langfristig lohnt. Die Anpassung für nur einen Sommer wäre z.B. nicht lohnenswert.

Überleben einzelner Individuen: Unter schwierigen Umweltbedingungen (z.B. Nahrungsknappheit) überleben nur einzelne Individuen.

Suchen neuer Lebensräume: Wenn sich die Lebensbedingungen verschlechtern, können sich die Lebewesen neue Lebensräume suchen, um ihre Situation zu verbessern.

Vorteile der Stärksten: Unter schwierigen Lebensbedingungen, wie Nahrungsnot, haben die Stärksten in einer Gruppe Vorteile.

Ausbleibendes Nahrungsbedürfnis: Bei Nahrungsknappheit verschwindet als Anpassung das Bedürfnis nach Nahrung.

Genetische Veränderungen brauchen Zeit: Genetische Veränderungen als Anpassung von Individuen brauchen Zeit bis sie abgeschlossen sind.

Veränderungen über Generationen: Veränderungen im Sinne von Anpassungen erstrecken sich über mehrere Generationen.

Anpassungs-Notwendigkeit (vgl. Baalman et al. 2004): Die Notwendigkeit für eine Anpassung besteht und ist Grund dafür, dass sie stattfindet.

Körperliche Veränderungen durch genetische Veränderungen: Durch genetische Veränderungen verändert sich der Körper.

Überleben ohne Nahrung: Individuen können ohne Nahrung überleben.

Graduelle Anpassung (vgl. Baalman et al. 2004): Anpassung passiert nach und nach, schrittweise, bis der angepasste Zustand erreicht ist.

Überleben einzelner Individuen: Lediglich einzelne Individuen überleben, die anderen sterben.

Überleben in Abhängigkeit der Nahrungszugänge: Je nachdem wie gut einzelne Lebewesen Zugang zu Nahrung haben (z.B. Stärksten setzen sich durch) haben sie bessere oder schlechtere Überlebenschancen.

Nahrungsvorteile der Stärkeren: Nahrungsvorteile von Individuen ergeben sich in Abhängigkeit der körperlichen Stärke.

Vermehrungsvorteil bei elterlicher Fürsorge: Wenn die Eltern ihre Nachkommen besser versorgen können, haben diese Elterntiere einen Vermehrungsvorteil.

Gleichgewicht durch Sterben und Vermehren: Wenn einige Individuen sterben und andere sich besser vermehren, bleibt die Population von der Anzahl der Mitglieder insgesamt gleich.

Altersabhängige Überlebensvorteile: Überlebensvorteile ergeben sich in Abhängigkeit des Alters.

Anpassung braucht Zeit (vgl. Weitzel 2006): Anpassung dauert eine gewisse Zeit bis sie abgeschlossen ist.

Genetische Veränderung als gezielte Anpassung: Genetische Veränderungen treten gezielt und absichtsvoll zum Zwecke der Anpassung ein.

Gleiche Gene bei Verwandten: Verwandte Lebewesen haben die gleichen Gene, wodurch sie gleiche Eigenschaften und Merkmale haben.

Verhaltensänderung als Anpassung: Anpassung kann eine Verhaltensänderung, z.B. sich verändernde Nahrungspräferenzen, sein.

Notwendigkeit kurzfristiger Anpassung: Anpassung muss in kurzer Zeit abgeschlossen sein, damit die ungünstigen Lebensbedingungen überwunden werden können und die Lebewesen überleben.

Unterscheidung von Wild- und Hausform: Wild lebende und domestizierte Lebewesen einer Art haben unterschiedliche Möglichkeiten mit schwierigen Lebenssituationen, z.B. Nahrungsnot, umzugehen.

Kooperation in der Familie: Lebewesen die einer Familie angehören (Verwandte) unterstützen sich gegenseitig bei Nahrungsengpässen.

Anpassung der Nachkommen: Anpassungs-Notwendigkeit innerhalb einer Generation äußert sich in der Anpassung der Nachkommen an diese Bedingungen.

Angepasstheit durch geringen Nahrungsbedarf: Angepasstheit bei geringen Nahrungsressourcen äußert sich in einem geringeren Nahrungsbedarf.

Automatische und gezielte Anpassung: Anpassung findet automatisch und gezielt (absichtsvoll) statt, wenn diese notwendig ist.

Bessere Vermehrung durch Gesundheit: Gesundere Individuen können sich besser vermehren.

Vermehrung durch Zeugungsfähigkeit: Vermehrung ist abhängig von der Zeugungsfähigkeit der Lebewesen.

Abnahme des Nahrungsbedürfnisses: Als Anpassung an Nahrungsknappheit nimmt das Nahrungsbedürfnis der Lebewesen ab.

Genetische Veränderung als körperliche Anpassung: Durch genetische Veränderungen kann eine Anpassung des Körpers stattfinden.

Abweichende Merkmale der Nachkommen durch ungleiche Gene der Eltern: Wenn die Eltern nicht die gleichen Gene besitzen, kann das zu abweichenden Merkmalen bei den Nachkommen führen. Dadurch werden phänotypische Abweichungen von den Eltern erklärt.

Gene als Merkmale: Gene werden mit Merkmalen gleichgesetzt.

Genotyp entspricht Phänotyp (vgl. Frerichs 1999): Genotyp und Phänotyp werden nicht unterschieden was sich durch die Gleichsetzung von Genen und Merkmalen zeigt.

Unterschiedliche Nahrungsansprüche der Individuen: Variation innerhalb einer Population ergibt sich beispielsweise daraus, dass unterschiedliche Individuen unterschiedliche Nahrungsansprüche haben (z. B. in Abhängigkeit des Alters).

Gleiche innerartliche Merkmale: Innerhalb einer Art sind die wesentlichen Merkmale der Individuen gleich.

Anpassung aus Notwendigkeit (vgl. Baalman et al. 2004): Anpassung passiert aus Notwendigkeit.

Genetische Veränderung als Verhaltensänderung: Genetische Veränderungen können sich in Verhaltensänderungen äußern.

Gezielte Veränderung des Verdauungstrakts: Wenn eine Anpassung bei Nahrungsknappheit notwendig ist, findet eine gezielte Veränderung des Verdauungstraktes statt.

Automatische und gezielte körperliche Anpassung: Die Anpassung des Körpers findet gezielt und automatisch statt.

Anpassung von Individuen: Anpassung findet auf individueller Ebene statt.

Anpassung der Generation: Anpassung findet auf der Ebene einer ganzen Generation statt.

Gewohnheit ist Angepasstheit: Wenn etwas zur Gewohnheit wird, dann ist der angepasste Zustand erreicht.



Vermehrungsvorteil gegenüber Vorfahren: Individuen haben einen Vermehrungsvorteil gegenüber den Vorfahren. Dies wird als abwegig beschrieben, wenn die Individuen mit schwierigen Lebenssituationen, wie Nahrungsnot, konfrontiert sind.

Territorialität verhindert Nahrungskonkurrenz: Territoriale Lebewesen haben ihren eigenen Lebensbereich, sodass sie nicht um Nahrungsquellen konkurrieren.

### **Augenfarben-Aufgabe:**

Augenfarbe der Eltern: Das Kind hat (bekommen/erben) die Augenfarbe der Eltern, wobei nicht genau auf die Anteile der einzelnen Elternteile eingegangen wird.

Mischung elterlicher Augenfarben: Das Kind hat (bekommen/erben) eine Mischung der elterlichen Augenfarben.

Vererbung als Weitergabe: Vererbung wird als Weitergabe von Merkmalen beschrieben.

Augenfarbe der Großeltern: Das Kind hat (bekommen/erben) die Augenfarbe der Großeltern, wobei nicht genau auf die Anteile der einzelnen Großelternteile eingegangen wird.

Eigene Merkmalsanteile: Das Kind hat Merkmale, die von denen der Vorfahren abweichen. Diese abweichenden sichtbaren Merkmale sind dann unabhängig von denen der Vorfahren und sind individuell.

Merkmalsmischung in Ausnahmefällen: Mischungen von Merkmalen der Vorfahren bei dem Kind treten nur in Ausnahmefällen auf.

Intermediäre Augenfarbe: Die Augenfarbe des Kindes liegt genau zwischen den Augenfarben der Eltern.

Weitergabe/Vererbung gleichgeschlechtlicher Augenfarbe: Das Kind bekommt/erbt die Augenfarbe des gleichgeschlechtlichen Elternteils (Beispiel: Sohn hat die Augenfarbe des Vaters).

Augenfarbe der Zeugungspartner: Das Kind hat die Augenfarbe der Eltern, weil diese an der Zeugung des Kindes beteiligt waren und diese entscheidend für die Merkmalsausprägung ist.

Augenfarbe der Familie: Das Kind hat (bekommen/erben) die gleiche Augenfarbe wie die Familie, wobei nicht genau auf die Anteile der einzelnen Familienmitglieder eingegangen wird.

Augenfarbe eines Familienmitglieds: Das Kind hat (bekommen/erben) die Augenfarbe eines Familienmitglieds.

Obligate elterliche Augenfarbe: Das Kind kann nur die Augenfarbe der Eltern bekommen (entweder beider Elternteile oder nur eines Elternteils).

Mischung bestimmter Augenfarben: Nur bestimmte Augenfarben könne gemischt werden. Daher können nur Farben gemischt werden, die eine bekannte Augenfarbe ergeben.

Primat gleichgeschlechtlicher Augenfarbe: Das Kind bekommt überwiegend die Augenfarbe des gleichgeschlechtlichen Elternanteils (z.B. hat der Sohn mehr Gemeinsamkeiten mit dem Vater).

Erben andersgeschlechtlicher Augenfarbe: Das Kind erbt die Augenfarbe des andersgeschlechtlichen Elternanteils (z.B. erbt die Tochter die Augenfarbe des Vaters).

Weitergabe von DNA: Für die Merkmalsausprägung des Kindes wird DNA von den Eltern weitergegeben.

Merkmalsausprägung dominanter DNA-Anteile: Bei der Weitergabe von DNA der Elternteile werden dominante DNA-Anteile (stärkere DNA-Anteile) ausgeprägt bzw. stärker ausgeprägt.

Merkmale durch eigene Gene: Merkmale, die nicht vergleichbar bei den Eltern ausgeprägt sind, sind auf eigene Gene, die nicht mit den Eltern geteilt werden, zurückzuführen.

Mischung von Augenfarben: Die Mischung von Augenfarben mit dem Ergebnis anderer Augenfarben bei Nachkommen ist generell möglich.

Weitergabe einer Augenfarbe: Es ist möglich, dass nur eine Augenfarbe eines Vorfahren weitergegeben wird und dann bei dem Nachkommen ausgeprägt ist.

Primat geeigneter Augenfarben: Da es „schlechte“ und „gute“ Augenfarben gibt, können diese besser und weniger gut geeignet sein. Wenn die Augenfarben der Eltern ungeeignet sind, kann auch eine Augenfarbe eines entfernteren Vorfahren auftreten.

### **Enten-Aufgabe:**

Anpassung aus Notwendigkeit (vgl. Baalman et al. 2004): Anpassung passiert, weil sie notwendig ist.

Natur als Akteur: Die Natur bewirkt die Anpassung und ist die aktive Instanz der Veränderung.

Natur entspricht adaptierendem Lebewesen: Die Natur wird mit dem sich selbst anpassenden Lebewesen gleichgesetzt.

Erkenntnis der Natur (vgl. Baalman et al. 2004): Die Natur ist sich der notwendigen Anpassung bewusst.

Anpassungs-Erkenntnis (vgl. Baalman et al. 2004): Lebewesen sind sich der notwendigen Anpassung bewusst.

Graduelle Anpassung über Generationen: Anpassung findet nach und nach über mehrere Generationen statt.

Zufällige Veränderungen, Zufällige genetische Veränderungen: Veränderungen, z.B. genetische, treten zufällig ein.

Bessere Vermehrung durch Schwimmhäute: Durch Schwimmhäute an sich können sich die Individuen besser vermehren.

Anpassung der Vorfahren aus Notwendigkeit: Die Vorfahren der Lebewesen haben sich gezielt aus Gründen der Notwendigkeit angepasst.

Graduelle Anpassung (vgl. Baalman et al. 2004): Anpassung verläuft nach und nach bis der angepasste Zustand erreicht ist.

Interspezifische Verpaarung: Verpaarung zwischen Vertretern unterschiedlicher Arten.

Veränderung durch häufigen Umwelteinfluss: Nachhaltige Veränderungen (z.B. das Entstehen von Schwimnhäuten) entstehen dadurch, dass das Lebewesen häufig einem bestimmten Umwelteinfluss (z.B. Wasser) ausgesetzt war.

Automatische Anpassung (vgl. Weitzel 2006), Automatische Anpassung über die Zeit: Anpassung passiert automatisch. „Automatisch“ kann dabei bedeuten, dass die Anpassung „von alleine“, ohne die Hilfe eines Akteurs, oder im Laufe der Zeit „von alleine“ stattfindet.

Graduelle Veränderung durch häufigen Gebrauch: Durch häufigen Gebrauch von Körperteilen (z.B. Füßen) verändern sich diese nach und nach.

Gezielte Anpassung an die Natur: Anpassung findet gezielt und absichtsvoll statt, bis die Eigenschaften und Merkmale zu den Anforderungen der Natur passen.

Direkte Veränderung durch Erkenntnis: Durch die Erkenntnis von einer notwendigen Veränderung wird der angepasste Zustand erreicht.

Graduelle Veränderung über die Zeit: Veränderungen treten graduell (nach und nach) über die Zeit ein.

Genetische Veränderung als körperliche Veränderung: Genetische Veränderungen äußern sich in körperlichen Veränderungen.

Individuen als Akteure: Individuen bewirken selbst die Anpassung.

Merkmalsentstehung durch Nahrungsanstieg: Merkmale entstehen, weil die Nahrung zunimmt (z.B. mehr Fetteinlagerung).

Verhaltensänderung bei genetischer Veränderung: Genetische Veränderungen äußern sich in Veränderungen des Verhaltens.

Zielgerichtete Anpassung: Anpassung passiert zielgerichtet und absichtsvoll.

Anpassung braucht Zeit (vgl. Baalman et al. 2004): Der Anpassungsprozess erstreckt sich über einen gewissen Zeitraum.

Nahrungsmangel als Auslöser: Nahrungsmangel kann der Auslöser für eine Anpassung sein.

Verlust nutzloser Merkmale: Nutzlose Merkmale verschwinden, wenn sie nicht mehr gebraucht werden.

Weiterentwicklung als Anpassung: Anpassung kann als eine positive Weiterentwicklung der Lebewesen beschrieben werden.

Zufällige Entstehung von Merkmalen: Merkmale entstehen zufällig, nicht weil sie gebraucht werden.

Umweltkatastrophe bewirkt Anpassung: Eine Umweltkatastrophe kann die Anpassung an die veränderten Lebensbedingungen auslösen, weil diese notwendig ist.

Automatische und gezielte Anpassung: Anpassung passiert, wenn sie notwendig ist, gezielt und automatisch.

## Definition der Kategorien:

Kontextabhängige Bewertung: Bei der Bewertung bestimmter Vorstellungen in Antwortoptionen steht der Kontext im Vordergrund. Dabei kann dann nicht generell erfasst werden, ob diese Vorstellung aus Sicht des Schülers plausibel ist. Beispielsweise wird die Vererbung des erworbenen Schwanzes bei Vorteilen direkt darauf bezogen, ob der Schwanz vorteilig ist und nicht ob die Vererbung erworbener Merkmale bei Vorteilen Sinn macht.

Wissen über den Kontext: Einige Antwortoptionen werden nicht bewertet, weil aus Sicht des Schülers dazu mehr Wissen über den Kontext nötig ist.

Ignorieren von Antwortaspekten: Auf einzelne, aber wesentliche (aus Autorensicht), Antwortaspekte wird nicht eingegangen.

Zustimmen von Antwortaspekten: Lediglich einzelnen Aspekte der Antwort wird zugestimmt, nicht aber der vollständigen Antwortoption.

Unwesentlicher Aspekt: Einzelne, aber wesentliche (aus Autorensicht), Aspekte werden als unwesentlich betrachtet, die keine besondere Relevanz haben.

Unsicherheit mit Begriffen: Bei der Antwortbewertung besteht Unsicherheit mit einzelnen Begriffen, die in der Antwort enthalten sind.

Widerspruch: Genannte Vorstellungen sind widersprüchlich.

## **Weitere Daten des Anhangs der Hauptstudie befinden sich auf CD (letzte Seite):**

-Rohdaten aller Interviews

-Geordnete Aussagen der Interviews die vollständig ausgewertet wurden

## Eidesstattliche Versicherung

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. 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.

Kassel, Oktober 2014

---

Sandra Kathrin Fischer

Anhang auf CD: