



Universität Bremen  
Studiengang Master of Education  
Fachbereich 2 (Biologie / Chemie)

# Forschendes Lernen im Zoo zum Thema „Pinguine“

## MASTERARBEIT

Vorgelegt von:

Name:	Sonja Ollesch Sedanstr. 61 28201 Bremen	Astrid Wortmann Burhaver Str. 22 28197 Bremen
Mat.-Nr.:	1956836	2386347
E-Mail:	sonjaollesch@gmx.de	astridwortmann@gmx.de

Abgabe am: 29.07.2011

Erstgutachterin: Prof. Dr. Doris Elster  
Zweitgutachterin: Dr. Dörte Ostersehl

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Abstract .....	1
1. Einleitung [Sonja Ollesch u. Astrid Wortmann] .....	2
2. Theoretischer Rahmen.....	4
2.1 Fachliche Klärung .....	4
2.1.1 Die Familie der Pinguine ( <i>Spheniscidae</i> ) [Sonja Ollesch].....	4
2.1.1.1 Der Humboldtpinguin ( <i>Spheniscus homboldti</i> ) [Astrid Wortmann].....	5
2.1.1.2 Der Galapagospinguin ( <i>Spheniscus mendiculus</i> ) [Astrid Wortmann].....	7
2.1.1.3 Der Kaiserpinguin ( <i>Aptenodytes forsteri</i> ) [Astrid Wortmann] .....	7
2.1.2 Regulation der Körpertemperatur bei Pinguinen [Sonja Ollesch] .....	8
2.1.2.1 Homöothermie .....	9
2.1.2.2 Isolierungen zur Erhaltung der Körperwärme .....	9
2.1.2.3 Blutkreislauf zur Erhaltung und Abgabe der Körperwärme .....	10
2.1.2.4 Bergmann-Regel .....	12
2.2 Fachdidaktische Klärung.....	12
2.2.1 Forschend-entwickelndes Lernen [Astrid Wortmann].....	12
2.2.2 Experimentieren und Beobachten [Astrid Wortmann] .....	14
2.2.3 Vorstellungen [Sonja Ollesch] .....	15
2.2.3.1 Begriffliche Klärung .....	16
2.2.3.2 Conceptual Change-Theorie .....	17
2.2.3.3 Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens .....	18
2.2.4 Interesse [Astrid Wortmann].....	19
2.2.4.1 Begriffliche Klärung .....	20
2.2.4.2 Typen von Interesse .....	21
2.2.4.3 Entwicklung von Interesse.....	21
2.2.5 Fachwissen [Astrid Wortmann] .....	22

3. Das Zooprojekt zum Thema „Pinguine“ .....	23
3.1 Zoopädagogik und die Zooschule im „Zoo am Meer“ Bremerhaven [Astrid Wortmann] 24	
3.2 Teilnehmende Klassen am Zooprojekt [Sonja Ollesch] .....	25
3.3 Beschreibung des Zooprojekts [Astrid Wortmann].....	26
3.4 Bezug zum Bremer Bildungsplan [Astrid Wortmann] .....	30
3.5 Didaktische Erläuterungen [Sonja Ollesch] .....	31
3.6 Methodische Erläuterungen [Sonja Ollesch].....	33
3.7 Mögliche Fehlerquellen [Sonja Ollesch].....	34
4. Forschungsfragen und Hypothesen .....	36
4.1 Forschungsfrage und Hypothesen der quantitativen Studie [Astrid Wortmann] .....	37
4.2 Forschungsfrage und Hypothesen der qualitativen Studie [Sonja Ollesch] .....	39
5. Empirische Erhebungen .....	40
5.1 Untersuchungsdesign der quantitativen Studie [Astrid Wortmann].....	40
5.1.1 Probanden .....	40
5.1.2. Methode der Datenerhebung.....	41
5.1.2.1 Aufbau der Pre-Fragebögen.....	41
5.1.2.2 Aufbau der Post-Fragebögen .....	42
5.1.3 Methode der Datenanalyse.....	42
5.2 Das Untersuchungsdesign der qualitativen Studie [Sonja Ollesch] .....	44
5.2.1 Probanden .....	44
5.2.2 Methode der Datenerhebung.....	44
5.2.3 Interviewleitfaden .....	45
5.2.4 Durchführung der Interviews .....	46
5.2.5 Aufbereitung des Materials.....	47
5.2.6 Methode der Datenanalyse.....	48
5.3 Mindmaps [Sonja Ollesch].....	48
6. Ergebnisse .....	50
6.1 Ergebnisse der quantitativen Studie [Astrid Wortmann].....	50

6.1.1	Ergebnisse im Bereich Interesse .....	50
6.1.1.1	Allgemeines Interesse .....	51
6.1.1.2	Experimente und Tierbeobachtungen .....	55
6.1.1.3	Erfahrungen aus dem Zooprojekt .....	60
6.1.2	Ergebnisse im Bereich Fachwissen.....	61
6.1.2.1	Fachwissen Pinguine.....	61
6.1.2.2	Gesamtpunktzahl Fachwissen.....	66
6.1.3	Ergebnisse der Mindmaps.....	67
6.2	Ergebnisse der qualitativen Studie [Sonja Ollesch] .....	67
6.2.1	Ergebnisse der Interviews .....	68
6.2.2	Ergebnisse der Mindmaps.....	76
7.	Diskussion .....	85
7.1	Diskussion der Ergebnisse der quantitativen Studie [Astrid Wortmann].....	85
7.1.1.	Diskussion der Ergebnisse im Bereich des Interesses.....	85
7.1.2	Diskussion der Ergebnisse im Bereich des Fachwissens .....	91
7.1.3	Diskussion der Mindmaps.....	94
7.2	Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Studie [Sonja Ollesch] .....	95
7.2.1	Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Interviews.....	95
7.2.2	Diskussion der Ergebnisse aus den Interviews hinsichtlich der Conceptual Change- Theorie und der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens.....	100
7.2.3	Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Mindmaps .....	102
7.2.4	Diskussion der Ergebnisse aus den Mindmaps hinsichtlich der Conceptual Change- Theorie und der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens.....	107
7.2.5	Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Studie im Vergleich .....	109
7.3	Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Studie [Sonja Ollesch].....	111
7.4	Fehlerdiskussion [Astrid Wortmann] .....	114
7.4.1	Fehlerdiskussion der Fragebögen.....	114
7.4.2	Fehlerdiskussion der Interviews.....	115

7.4.3 Fehlerdiskussion der Mindmaps .....	116
8. Fazit und didaktische Empfehlungen [Sonja Ollesch u. Astrid Wortmann] .....	116
9. Literaturverzeichnis.....	120
10. Anhang .....	124

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen der Masterarbeit „Forschendes Lernen im Zoo zum Thema ‚Pinguine‘“ wurde ein Zooprojekt zum forschend-entwickelnden Lernen erarbeitet, das mit Schulklassen im „Zoo am Meer“ in Bremerhaven durchgeführt und evaluiert wurde. Anhand von Experimenten und Tierbeobachtungen sollten die Schüler und Schülerinnen verschiedene Arten der Pinguine erforschen.

Als Instrumente der empirischen Erhebung dienten sowohl quantitative als auch qualitative Methoden. Das Ziel der quantitativen Untersuchung war, mithilfe von Fragebögen die Veränderung des Interesses und des Fachwissens vor und nach dem Zooprojekt zu erheben. Die qualitative Erhebung zielte darauf ab, unter Anwendung von Einzelinterviews herauszufinden, ob sich die Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern, Denkfiguren) zum Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ durch das Zooprojekt veränderten. Die Vorstellungen der Schüler wurden zudem durch Mindmaps vor und nach dem Zoobesuch ermittelt und hinsichtlich einer möglichen Veränderung quantitativ sowie qualitativ ausgewertet.

Die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Studie zeigten, dass durch das Zooprojekt ein steigender Wissenszuwachs bei den Schülern festgestellt werden konnte, das Interesse sich allerdings kaum änderte. Außerdem konnte auch eine Veränderung der Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern, Denkfiguren) über den Pinguin durch das Zooprojekt nachgewiesen werden.

## **Abstract**

In the course of the Master's Thesis "Inquiry-based Learning in the Zoo to the theme of 'penguins'", a zoo project for inquiry-developing learning, which has been implemented and evaluated with school classes in the "Zoo am Meer" in Bremerhaven, has been developed. On the basis of experiments and animal watching, students had to explore the genus of penguins.

Quantitative and qualitative methods served as instruments for empirical research. The aim of the quantitative investigation was to ascertain the change of interest and knowledge before and after the zoo project with the aid of a questionnaire. By means of individual interviews, the qualitative survey aimed at discovering whether the students' ideas (concepts, metaphors, conceived ideas) on the subject of "the adaption of penguins to warmth and cold" have changed during the zoo project. Moreover, the students' ideas have been determined through mind maps before and after their visit to the zoo. They have been evaluated in a quantitative as well as in a quantitative way with regard to a possible change.

The results of the quantitative and qualitative study have shown the students' increase of knowledge; however, their interest has hardly changed. Furthermore, an alteration of the students' ideas (concepts, metaphors, conceived ideas) about penguins by means of the zoo project could be proved.

# 1. Einleitung

Ein Zoobesuch bietet einen faszinierenden Einblick in die Tierwelt verschiedener Länder und Kontinente und gehört nicht nur für Kinder, sondern auch für viele Erwachsene zu einem beliebten Ausflugsort. Der „Zoo am Meer“ in Bremerhaven, der 1928 eröffnet wurde, ist ein begehrtes Ziel für Jung und Alt. Er ist ein „Themenzoo für wasserbezogene und nordische Tiere“ (ZaMB 2011: 5). Darüber hinaus gibt es dort eine Zooschule, in der Schüler<sup>1</sup> die Vielfalt der Tierwelt erforschen können und diese verstehen lernen. „Die Erlebnisse im Zoo, die unmittelbare Begegnung und das genaue Beobachten tragen dazu bei, dass [...] [Schüler] ihre Einstellungen gegenüber Tieren und der Natur entwickeln“ (Gropengießer 2006: 432). Daher bietet sich der Zoo als außerschulischer Lernort für Schulklassen an. In der Literatur lässt sich nur selten eine einheitliche Definition des Begriffs *Außerschulischer Lernort* finden. Sauerborn und Brühne (2010: 27) liefern folgende umfassende Definition:

*Außerschulisches Lernen beschreibt die originale Begegnung im Unterricht außerhalb des Klassenzimmers. An außerschulischen Lernorten findet die unmittelbare Auseinandersetzung des [...] [Schülers] mit seiner räumlichen Umgebung statt. Die Möglichkeit einer aktiven (Mit-)Gestaltung sowie die Möglichkeit zur Primärerfahrung von mehrperspektivischen Bildungsinhalten durch den [...] [Schüler] sind dabei zentrale Merkmale des außerschulischen Lernens.*

Der Unterricht außerhalb des Klassenzimmers motiviert Schüler zum selbstständigen Arbeiten und schult darüber hinaus ihre sozialen Kompetenzen, z. B. durch Gruppenarbeit. Zudem regt das außerschulische Lernen dazu an, neues Wissen über verschiedene Sinne aufzunehmen und mit dem bisherigen Wissen einfacher verknüpfen zu können (vgl. Sauerborn 2010: 17).

Im Rahmen dieser Masterarbeit zum Thema „Forschendes Lernen im Zoo zum Thema ‚Pinguine‘“ wurde in Zusammenarbeit mit der Zoopädagogin Sabine Bartel ein Zooprojekt zum Thema „Pinguine“ entwickelt. Hierbei stand das forschend-entwickelnde Lernen an einem außerschulischen Lernort im Vordergrund. Die empirische Erhebung, die in Verbindung mit dem Zooprojekt durchgeführt wurde, besteht aus einem quantitativen und einem qualitativen Zweig. Die quantitative Erhebung zielt darauf ab, die Veränderung des Interesses und des Fachwissens vor und nach dem Zooprojekt festzustellen. Zudem soll numerisch ermittelt werden, ob sich die Anzahl der Vorstellungen der Schüler durch das Zooprojekt erhöht. Das Ziel der qualitativen Untersuchung ist es, herauszufinden, ob sich die Vorstellungen der Schüler hinsichtlich der Konzepte, Metaphern und Denkfiguren durch das Zooprojekt

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird aus Gründen der Lesefreundlichkeit jeweils die männliche Form verwendet, weibliche Personen sind stets inbegriffen.

verändern. Insgesamt gliedert sich die Arbeit in drei Teile, den theoretischen Rahmen, das Zooprojekt und die empirische Erhebung.

In dem ersten Teil werden die theoretischen Hintergründe der Arbeit dargelegt. Hierbei wird zwischen der fachlichen und der fachdidaktischen Klärung unterschieden. Bei der fachlichen Klärung werden zunächst allgemeine Informationen über den Pinguin gegeben und anschließend die drei Pinguinarten Galapagospinguin, Humboldtpinguin und Kaiserpinguin näher beschrieben. Anschließend wird die Regulation der Körpertemperatur bei Pinguinen vorgestellt. In diesem Zusammenhang werden zentrale Begriffe, wie Homoiothermie, die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme, der Blutkreislauf zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme sowie die *Bergmann-Regel* erläutert. Die fachdidaktische Klärung hingegen bezieht sich auf grundlegende Theorien der Fachdidaktik, auf die in den Diskussionen der Ergebnisse Bezug genommen wird. Zunächst werden die theoretischen Hintergründe des forschend-entwickelnden Lernens dargelegt. Danach wird der Begriff *Vorstellung* erklärt und in diesem Zusammenhang die Conceptual Change-Theorie und die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens aufgegriffen und erläutert. Daraufhin werden die zentralen Aspekte des Interesses und des Fachwissens dargestellt. Während die theoretischen Grundlagen im Bereich der Vorstellungen, des Interesses und des Fachwissens auch bei der empirischen Erhebung einer Rolle spielen, ist das forschend-entwickelnde Lernen lediglich für das Zooprojekt grundlegend.

Das folgende Kapitel befasst sich mit den Beschreibungen und Erläuterungen zum Zooprojekt. Es wird ein kurzer Einblick in die Zoopädagogik und die Zooschule im „Zoo am Meer“ in Bremerhaven gegeben und die teilnehmenden Klassen werden vorgestellt. Im Anschluss wird das Zooprojekt detailliert erläutert und ein Bezug zum Bremer Bildungsplan hergestellt. Außerdem werden die didaktischen und methodischen Erläuterungen dargelegt und mögliche Fehlerquellen aufgezeigt.

Der dritte und letzte Teil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit der empirischen Erhebung. Hierbei werden nach der Vorstellung der Forschungsfragen und Hypothesen der quantitativen und qualitativen Untersuchung die jeweiligen Untersuchungsdesigns präsentiert. Im Anschluss an die Darlegung der Ergebnisse beider Studien werden diese sowie mögliche Fehlerquellen diskutiert.

Den Schluss der Arbeit bilden ein Fazit und didaktische Empfehlungen für den Unterricht.

## 2. Theoretischer Rahmen

### 2.1 Fachliche Klärung

#### 2.1.1 Die Familie der Pinguine (*Spheniscidae*)

Pinguine gehören zur Klasse der Vögel und bilden die Familie der *Spheniscidae* (vgl. Gilpin o. J.: 8; Williams 1995: 3). Insgesamt gibt es 17 verschiedene Pinguinarten, die sechs unterschiedlichen Gattungen (*Aptenodytes*, *Megadyptes*, *Eudyptes*, *Spheniscus*, *Pygoscelis*, *Eudyptula*) zugewiesen werden können. Sie kommen ausschließlich auf der südlichen Erdhalbkugel vor und verteilen sich dort von der Antarktis bis zum Äquator (vgl. Gilpin o. J.: 14f; Williams 1995: 3).

Die Körperform und Struktur aller Pinguinarten sind sehr ähnlich, jedoch unterscheiden sie sich in ihrer Größe und ihrem Gewicht. Während der Zwergpinguin nur rund 1 kg wiegt und ca. 40 cm groß ist, beträgt das Körpergewicht des Kaiserpinguins über 30 kg und seine Körpergröße ca. 115 cm (vgl. Williams 1995: 3).

Im Gegensatz zu anderen Vögeln können Pinguine nicht fliegen, vielmehr haben sie sich dem Leben im Wasser angepasst. Sie bevorzugen kalte Meere und Meeresströmungen. Ihre Körperform ist stromlinienförmig und begünstigt das Gleiten durch das Wasser. Außerdem unterstützen die Flügel das schnelle Vorankommen. Mit 27 km/h gilt der Eselspinguin (*Pygoscelis papua*) als der Schnellste unter den Pinguinen. Andere Pinguinarten erreichen im Durchschnitt nur eine Geschwindigkeit von 24 km/h, was dennoch darauf hinweist, dass Pinguine unter Wasser sehr schnell sind. Ihre schweren Knochen erleichtern das Tauchen und ermöglichen ihnen, das Wasser gleitend zu durchqueren. Die schweren Knochen sind ebenfalls ein Grund dafür, dass Pinguine nicht wie andere Vögel, deren Knochen hohl und mit Luft gefüllt sind, fliegen können. Die Füße der Pinguine besitzen zwischen den Zehen Schwimmhäute, die zusammen mit dem Schwanz der Steuerung unter Wasser dienen und dafür sorgen, dass sie sich schnell wenden können, wenn sie auf Beutejagd sind. Die Nahrungssuche der Pinguine erfolgt ausschließlich im Meer nahe der Küste. Dabei bevorzugen sie Fische, Tintenfische und Krebstiere (vgl. Gilpin o. J.: 8, 22, 44; Williams 1995: 3).

Pinguine leben allerdings nicht nur im Wasser, sondern auch an Land. Dort sind sie in der Lage, sich aufrecht fortzubewegen. Dies gelingt ihnen dadurch, dass ihre kurzen Beine samt Füße weit hinten am Körper ansetzen (vgl. Gilpin o. J.: 8). Der Gang der Pinguine wird häufig als *Watscheln* bezeichnet. Obwohl dieser sehr ineffizient wirkt, sind, Williams zufolge, die Pinguine trotzdem in der Lage eine weite Strecke zu ihrem Nest zu überwinden, das sich bis zu 3 km entfernt vom Meer befinden kann (vgl. Williams 1995: 3).

Die Federn der Pinguine sind im Vergleich zu anderen Vögeln sehr kurz und bilden eine dichte Bedeckung der Körperoberfläche, die eine effektive Isolierung gegen den Wärmeverlust bei sehr kalten Temperaturen ermöglicht. Außerdem sind sie wasserundurchlässig und bieten einen geringen Widerstand unter Wasser. Das

Federkleid ist bei allen Pinguinen gleich gefärbt, die Vorderseite ist weiß und die Rückseite schwarz. Dies dient dem Pinguin zur Tarnung, da sie so von unten gegen die helle Oberfläche nur schwer von Feinden gesichtet werden können. Das weibliche und männliche Geschlecht der Pinguinarten unterscheidet sich nur in Größe und Gewicht. Die Männchen sind schwerer und größer als die Weibchen. Hauptsächlich heben sich verschiedene Pinguinarten durch das Muster und die Farbe ihres Kopfes voneinander ab (vgl. Williams 1995: 3; Zimmermann o. J.: o. S.).

Obwohl Pinguine nur auf der südlichen Halbkugel der Erde vorkommen, befinden sich die Brutstätten auf vier unterschiedlichen Kontinenten (Antarktis, Australien, Afrika, Südamerika) und auf vielen umliegenden Inseln. Die Brutgebiete liegen in Regionen, in denen Außentemperaturen deutlich über 0°C herrschen. Innerhalb eines Jahres brüten die meisten Pinguinarten nur einmal. Die Eier werden an Land gelegt, wo auch die Aufzucht der Jungen erfolgt. Einmal jährlich findet bei den Pinguinen die sogenannte Mauser statt, wozu sie zwei bis sechs Wochen an Land verbringen. In dieser Phase wird das alte abgenutzte Federkleid durch ein neues ausgewechselt (vgl. Gilpin o. J.: 25, 46; Zimmermann o. J.: o. S.). Dabei wird der Pinguin allerdings nicht kurzfristig federlos, „sondern die neuen Federn drücken die alten heraus“ (Zimmermann o. J.: o. S.).

#### **2.1.1.1 Der Humboldtpinguin (*Spheniscus homboldti*)**

Humboldtpinguine sind oft von Zoobesuchen bekannt (vgl. Zepper 2008 b: o. S.) und auch im „Zoo am Meer“ in Bremerhaven anzutreffen.

Der Humboldtpinguin (lat. *Spheniscus homboldti*; engl. Humboldt penguin) gehört zu der Gattung *Spheniscus* (vgl. Davis 1990: 181). Hierzu zählen zudem der Galapagospinguin (*Spheniscus mendiculus*), der Magellanpinguin (*Spheniscus magellanicus*) und der afrikanische Brillenpinguin (*Spheniscus demersus*) (vgl. Müller-Schwarze 1977: 79).

Der Kopf des Humboldtpinguins ist hauptsächlich schwarz gefärbt und mit Federn bedeckt. Einige Teile der Gesichtshaut, von den Augen bis zum Schnabel, sind nackt und meist rosa gefärbt. Die Vorderseite des Humboldtpinguins ist weiß, wobei sich ein schwarzer Streifen fast von Kopf bis Fuß auf beiden Seiten bogenförmig über den Bauch zieht. Er lässt sich als eine Art umgedrehtes „U“ beschreiben, das kennzeichnend für die Gattung *Spheniscus* ist. Ein weiteres Charakteristikum des Humboldtpinguins sind die schwarzen Punkte, mit denen sein Bauch versehen ist. Die Rückseite des Humboldtpinguins ist vollständig schwarz gefärbt (vgl. Gilpin o. J.: 67f; Zepper 2008 b: o. S.).

Der Humboldtpinguin ist ca. 65 cm groß und sein Gewicht liegt zwischen 3,5 - 5,9 kg (vgl. Gilpin o. J.: 95). Sein Vorkommen erstreckt sich von Zentralchile bis nach Nordperu und lässt sich auf den kalten Humboldtstrom zurückführen. Dieser ist ein Auftriebsgebiet vor Chile und Peru, dessen Wasser sehr nährstoffreich ist. Große Mengen an Nährstoffen werden vom Humboldtstrom aus den tiefen Abschnitten des

Pazifischen Ozeans an die Oberfläche aufgetrieben und dienen als Nahrungsquelle vieler Fischarten, wie z. B. Sardellen, die dort in großen Schwärmen auftreten (vgl. Culik 2006: 144; Gilpin o. J.: 66). Für Humboldtpinguine stellen sie eine gute Nahrungsgrundlage dar, da sie sich hauptsächlich von Fischen und Tintenfischen ernähren (vgl. Zepper 2008 b: o. S.).

Pinguine gehen im Meer auf Nahrungssuche und brüten an Land. Die Humboldtpinguine müssen dabei im Gegensatz zu den Kaiserpinguinen mit niedrigen Temperaturen in kaltem Wasser und auch hohen Temperaturen an Land umgehen können. Dabei ist eine Regulierung der Durchblutung notwendig. Bei der Nahrungssuche in kaltem Wasser dürfen die Flügel und die nackten Füße nur schwach durchblutet werden, damit wenig Wärme verloren geht. An Land hingegen, wo teilweise hohe Temperaturen vorherrschen, werden die Körperanhänge stark durchblutet, um möglichst viel Wärme abgeben zu können (vgl. Culik 2006: 144f). Nähere Erläuterungen zum Blutkreislauf beim Pinguin werden in Kapitel 2.1.2.3 angeführt.

Im Gegensatz zu dem kalten Wasser im Meer, wo Humboldtpinguine auf Nahrungssuche gehen, liegen ihre Brutgebiete zum Teil in „den heißesten und trockensten Gegenden der Welt“ (Gilpin o. J.: 66). Humboldtpinguine brüten zumeist in Höhlen, „die ein Humboldtpinguinmännchen mit den Füßen bevorzugt in Guano [Exkrement des Pinguins] gräbt“ (Zepper 2008 b: o. S.) oder die sie zwischen Felsen und Steinen entdeckt haben. Sie nutzen diese Höhlen zum Brüten, um sich vor der intensiven Sonneneinstrahlung an Land zu schützen. Humboldtpinguine brüten das gesamte Jahr über, da sie aufgrund des großen Fischreichtums des Humboldtstroms das ganze Jahr über auf Nahrungssuche gehen können (vgl. Culik 2006: 145; Müller-Schwarze 1977: 79). Pinguine, die nicht brüten, sind tagsüber während der großen Hitze auf Nahrungssuche im Meer oder bleiben an Land. Dort „stehen sie aufrecht, um der Sonne eine möglichst kleine Angriffsfläche zu bieten“ (Culik 2006: 145). Hierzu werden die Flügel ausgestreckt, damit sie ihre Körperoberfläche vergrößern und so die Wärme besser abgeben können. Falls diese Form der Wärmeabgabe über die Flügel und Füße allerdings nicht ausreicht, hecheln die Humboldtpinguine zusätzlich. Dies geschieht Eckert zufolge bei Vögeln, „indem sie durch die Nase ein- und durch den Mund ausatmen, wobei die Zunge und andere Strukturen herausgestreckt werden, um die Verdunstung von Wasser und damit die Wärmeabgabe zu verstärken“ (Eckert 2002: 808). Während antarktische Pinguinarten wie der Adéliepinguin den Wasserverlust beim Hecheln durch das Trinken von Schmelzwasser aus Pfützen oder Bächen oder das Fressen von Schnee ausgleichen, müssen die Humboldtpinguine salziges Wasser aus dem Meer trinken. Sie besitzen besondere Salzdrüsen oberhalb der Augen, mithilfe derer sie aus dem Meerwasser Süßwasser herstellen können (vgl. Culik 2006: 145).

Zu den Feinden des Humboldtpinguins zählt vor allem der Wüstenfuchs, dessen Vorliebe besonders den Küken und alten Pinguinen gilt. Im Meer hingegen gehören Pelzrobben und Seelöwen zu den Feinden des Humboldtpinguins (vgl. Zepper 2008 b: o. S.).

### **2.1.1.2 Der Galapagospinguin (*Sphenicus mendiculus*)**

Der Galapagospinguin (lat. *Sphenicus mendiculus*; engl. Galapagos penguin) gehört mit einer Körpergröße von 53 cm und einem Gewicht von 1,7 - 2,6 kg zu den kleinsten Arten der Familie *Spheniscidae*. Er ist, ebenso wie der Humboldtpinguin, der Gattung *Spheniscus* zugeordnet. Das Vorkommen der Galapagospinguine beschränkt sich auf die gleichnamigen Inseln, die sich vor der Küste von Ecuador in Südamerika befinden. Im Vergleich zu anderen Pinguinarten leben sie dem Äquator am nächsten (vgl. Gilpin o. J.: 68; Zepper 2008 a: o. S.).

Während an Land ein tropisches Klima mit intensiver Sonneneinstrahlung vorherrscht, ist das Meerwasser des Pazifischen Ozeans, das die Inseln umgibt, sehr kühl. So leben die Galapagospinguine, wie die Humboldtpinguine, mit hohen Temperaturen an Land und mit niedrigen Temperaturen im kalten Wasser des Cromwell-Stroms (vgl. Davis 1990: 181; Gilpin o. J.: 68, 95). Beim Cromwell-Strom handelt es sich ebenfalls um ein Auftriebsgebiet, das die Galapagosinseln umgibt. Auch hier wird das nährstoffreiche Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche aufgetrieben, sodass dort große Fischbestände zu finden sind. Dies bietet den Galapagospinguinen eine gute Nahrungsgrundlage, denn sie fressen bevorzugt Fische, wie Sardinen und Sardellen (vgl. Gilpin o. J.: 68; Zepper 2008 a: o. S.).

Das Aussehen der Galapagospinguine ähnelt den anderen Arten der Gattung *Spheniscus*. Die Färbung der Rückseite und des Kopfes des Galapagospinguins ist dunkelgrau bis dunkelbraun. Die Vorderseite hingegen ist weiß gefärbt und vereinzelt mit schwarzen Punkten versehen. Die Unterseite des schwarzen Schnabels wird von einem weißen Streifen durchzogen, der manchmal am Ansatz des Schnabels goldgelb erscheint. Außerdem sind Bereiche der Gesichtshaut, wie beim Humboldtpinguin, nackt und zumeist weiß oder rosa gefärbt, je nach dem, wie stark die Flecken zur Wärmeabgabe durchblutet werden (vgl. Zepper 2008 a: o. S.).

Der Lebensraum der Galapagospinguine erstreckt sich über die gesamten Galapagosinseln, jedoch brüten sie vorwiegend auf zwei Inseln dieses Archipels. Einige Pinguine brüten bis zu dreimal jährlich, wobei der Brutzyklus zeitlich nicht genau bestimmt werden kann (vgl. Gilpin o. J.: 68; Zepper 2008 a: o. S.).

Galapagospinguine haben sowohl an Land als auch im Wasser Feinde. An Land zählen hierzu die Sumpfohreulen und der Galapagos Bussard. Im Wasser hingegen werden sie von Schwertwalen, Seelöwen und Galapagos Fellrobben bedroht (Zepper 2008 a: o. S.).

### **2.1.1.3 Der Kaiserpinguin (*Aptenodytes forsteri*)**

Der Kaiserpinguin (lat. *Aptenodytes forsteri*; engl. emperor penguin) (vgl. Davis 1990: 230) gehört der Gattung der Großpinguine (*Aptenodytes*) an und stellt mit einer Größe von rund 115 cm die größte Art innerhalb der Familie der *Spheniscidae* dar. Das charakteristische Merkmal des Kaiserpinguins ist die orange Färbung unterhalb seines

Kopfes. Sein Lebensraum befindet sich in der Antarktis, an deren extremen Bedingungen er durch eine ausgeprägte Fettschicht, die bis zu „50% des Gesamtkörpergewichts betragen kann“ (Zimmermann o. J.: o. S.) gut angepasst ist. Dieser Umstand erklärt auch sein im Verhältnis zu anderen Pinguinarten hohes Gewicht von rund 40 kg. Darüber hinaus schützt ihn sein Federkleid vor Kälte. Zum einen sorgen die wasserabweisenden Federn dafür, dass kein kaltes Wasser an seinen Körper gelangt und zum anderen bietet die hohe Dichte der Federn Schutz vor dem Verlust von Wärme (vgl. Gilpin o. J.: 14; Zimmermann o. J.: o. S.).

Die Fortpflanzung der Kaiserpinguine erfolgt monogam. Bevor der Winter auf der Südhalbkugel beginnt, suchen die Pinguinpaare ihre Brutplätze auf, die sich meist weit entfernt vom Meer auf dem Eis der Antarktis befinden. Nach der Eiablage durch das Weibchen übernimmt das Männchen das Ausbrüten und verbringt daher den gesamten Winter auf dem antarktischen Festland (vgl. Zimmermann o. J.: o. S.). Dem arktischen Winter ausgesetzt müssen sie die gesamte Zeit ohne Futter auskommen. Hierbei kommt ihnen ihr Sozialverhalten zugute, das auf die Gemeinschaft ausgerichtet ist. So suchen sie durch das kreisrunde Aneinanderdrängen gemeinschaftlich Schutz vor Wind und Kälte. Dabei kommt es zu Rotationen innerhalb der Gruppe, wobei die Männchen von Zeit zu Zeit ihre Positionen wechseln, damit sie einerseits im Inneren gewärmt werden und andererseits am äußeren Rand des Kreises die Gruppe vor Wind schützen. Die Weibchen hingegen halten sich während des Winters auf dem Meer auf und kehren erst nach zwei Monaten mit Nahrung für den Nachwuchs im Kropf zu den Männchen und den geschlüpften Jungvögeln zurück. Das Männchen kann nun zum Meer wandern, um sich auf Nahrungssuche zu begeben und um sein erschöpftes Fettdepot wieder aufzufüllen. Nach dem Abschmelzen des Eises gehen beide Elternteile im Meer auf Nahrungssuche und versorgen ihren Nachwuchs, bis er im Alter von fünf Monaten selbst in der Lage ist, Nahrung zu finden. Jedes Jahr bringen Kaiserpinguine einen Nachkommen hervor (vgl. Gilpin o. J.: 80f; Zimmermann o. J.: o. S.).

Kaiserpinguine werden im Ozean durch den Seeleoparden bedroht, haben aber ansonsten kaum natürliche Feinde. Lediglich Eier und Jungvögel sind durch Seevögel gefährdet und müssen geschützt werden (vgl. Zimmermann o. J.: o. S.).

### **2.1.2 Regulation der Körpertemperatur bei Pinguinen**

Der Begriff *Körpertemperatur* bezeichnet die Temperatur des Körpers sowohl von Tieren als auch von Menschen. Dabei lässt sich der Körper in die zwei Bereiche, Körperkern und Körperschale, einteilen. Der Körperkern weist eine höhere Temperatur als die umgebende Körperschale auf. Diese Tatsache trägt dazu bei, dass eine Wärmeabgabe nach außen vom Kern über die Körperschale möglich ist (vgl. Schmidt-Nielsen 1999: 206). Die durchschnittliche Körpertemperatur von Pinguinen liegt bei 36°C bis 39°C (vgl. Penzlin 2005: 463).

In den folgenden Unterkapiteln werden zentrale theoretische Aspekte im Hinblick auf die Regulation der Körpertemperatur beim Pinguin dargelegt. Zunächst wird der Pinguin als gleichwarmes Tier vorgestellt, wobei der Begriff *homoiotherm* gegenüber *poikilotherm* abgegrenzt wird. Diese Begriffsabgrenzung ist grundlegend für das Verständnis der Wärmeregulation, die darauf folgend näher erläutert wird. Dazu werden für den Pinguin wesentliche Faktoren der Wärmeregulation beschrieben. Hierzu zählen die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme, der Blutkreislauf zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme und die Bergmann-Regel.

### **2.1.2.1 Homoiothermie**

Die Begriffe *Homoiothermie* und *Poikilothermie* beziehen sich auf die Konstanz der Temperatur des Körpers (vgl. Eckert 2002: 789). *Homoiotherm* bedeutet gleichwarm und trifft auf Tiere zu, die in der Lage sind, ihre Körpertemperatur trotz schwankender Außentemperaturen konstant zu halten. Hierzu zählen die Klasse der Säugetiere und die der Vögel (vgl. Clauss 2007: 245). Dem Begriff *homoiotherm* steht der Begriff *poikilotherm* gegenüber. *Poikilotherm* bedeutet wechselwarm und trifft auf all diejenigen Tiere zu, deren Körpertemperatur von der Außentemperatur bestimmt wird. Daher entspricht die Körpertemperatur annähernd der Temperatur der Umgebung. Zu den wechselwarmen Tieren gehören z. B. Fische, Amphibien, Reptilien und Wirbellose. Allerdings haben, Eckert zufolge, neue Erkenntnisse belegt, dass die Einteilung der Tierklassen in homoiotherme und poikilotherme Tiere einige Schwächen aufweist. Daher gilt mittlerweile ebenso die Einteilung in ektotherme und endotherme Organismen (vgl. Eckert 2002: 789)<sup>2</sup>.

Die Körpertemperatur bei gleichwarmen Tieren kann durch eine „kontrollierte Wärmebildung oder Wärmeabgabe“ reguliert werden (Eckert 2002: 789). Bei kalten Temperaturen ist es wichtig, dass die Wärmeproduktion erhöht und die Wärmeabgabe zugleich reduziert wird. Möglichkeiten, die Wärmeabgabe zu regulieren, werden in Kapitel 2.1.2.2 näher erläutert. Bei warmen Umgebungstemperaturen hingegen muss die Wärmeproduktion reduziert und die Wärmeabgabe erhöht werden (vgl. Clauss 2007: 248). Mechanismen, die eine gesteigerte Wärmeabgabe ermöglichen, werden in Kapitel 2.1.2.3 ausführlich dargestellt.

### **2.1.2.2 Isolierungen zur Erhaltung der Körperwärme**

Zu den isolierenden Schichten bei Tieren, die in kalten Regionen der Erde leben oder im kalten Wasser ihre Nahrung suchen, gehören eine Fettschicht und ein dichtes Fell bzw.

---

<sup>2</sup> Die Vor- und Nachteile dieser Einteilung können im Rahmen dieser Arbeit nicht bis ins Detail erläutert werden, da dies zu weit vom eigentlichen Thema wegführen würde.

Federkleid. Die isolierende Funktion der Körperbedeckung von Tieren kann sich im jahreszeitlichen Verlauf sowie aufgrund der geographischen Lage verändern und ist stets diesen Anforderungen angepasst (vgl. Eckert 2002: 804).

Der Lebensraum einiger Pinguinarten liegt in kalten Regionen der Erde, andere wiederum leben in warmen Gebieten und gehen in kalten Meeresströmungen, wie z. B. dem Humboldtstrom, auf Nahrungssuche. Unabhängig davon, wo Pinguine leben, liegt die Wassertemperatur stets unter ihrer Körpertemperatur. Aufgrund der kalten Temperaturen, sowohl im Wasser als teils auch an Land, haben sich das Federkleid und die Fettschicht der Pinguine an diese Verhältnisse angepasst (vgl. Williams 1995: 107; Culik 2006: 144).

Pinguine gehören zur Klasse der Vögel. Flugfähige Vögel haben sehr lange Federn, die sie zum Fliegen benötigen. Pinguine hingegen haben kurze lanzettförmige Federn, die am unteren Teil des Schaftes daunenartig beschaffen sind. Dieser Teil der Federn ist in der Lage, eine Luftschicht über der Körperoberfläche zu bilden. Diese Schicht wird durch die Körpertemperatur erwärmt und schützt den Pinguin somit vor Kälte. Anders als bei flugfähigen Vögeln stehen die Federn so dicht beieinander, dass sie sich an einigen Stellen überlagern und daher die Anordnung oftmals mit Dachziegeln verglichen wird. Doch nicht nur diese Anordnung sorgt für einen Schutz vor Kälte und kaltem Wasser, sondern auch das Einfetten der Federn. Pinguine besitzen eine Bürzeldrüse, die ein öliges Sekret ausscheidet, das mit dem Schnabel auf dem Gefieder verteilt wird und die Federn dadurch wasserabweisend macht (vgl. Zepper 2008: o. S.; Williams 1995: 107).

Unter dem Federkleid des Pinguins befindet sich die Fettschicht. In der Regel verhindert eine Fettschicht die Wärmeabgabe des Körpers an die Umgebung und gilt damit, laut Eckert, als guter „thermischer Isolator“ (Eckert 2002: 805). Bei den meisten Pinguinen ist dies nicht der Fall. Nur beim Kaiserpinguin in der Antarktis dient die Fettschicht noch der Isolierung. Bei allen anderen Pinguinarten hat die Fettschicht eine andere Funktion, sie dient als Nährstoffspeicher. Folglich stellt das Gefieder die weitaus wichtigere Isolierung des Pinguins dar, da es 90 % des Schutzes gegen Kälte ausmacht (vgl. Zepper 2008: o. S.).

### **2.1.2.3 Blutkreislauf zur Erhaltung und Abgabe der Körperwärme**

Es gibt zwei zentrale Aspekte beim Blutkreislauf der Pinguine, die reduzierbare Durchblutung und das Gegenstromprinzip (vgl. Zepper 2008: o. S.).

Die reduzierbare Durchblutung ermöglicht dem Pinguin die Durchblutung seiner Extremitäten sowie die der Körperoberfläche zu verringern und nur zeitweilig zu erhöhen. Hierbei kontrahiert sich die glatte Ringmuskulatur „in der Tunica media einer zuleitenden Ateriole“ (Zepper 2008: o. S.). Dies führt dazu, dass sich die nachfolgenden Kapillaren fast komplett schließen und somit die Extremitäten sowie die Körperoberfläche geringer durchblutet werden. „Diese Adern sind durch andere

Ateriolen überbrückt, die nun geöffnet werden“ (Zepper 2008: o. S.). Dieses System zur Reduzierung der Durchblutung sorgt zwar dafür, dass die Extremitäten und die Körperfläche nur schwach durchblutet werden, dennoch würde weiterhin zu viel Wärme verloren gehen.

Aus diesem Grund gibt es ein zweites wichtiges System zur Durchblutungsregulation beim Pinguin, das sogenannte Gegenstromprinzip. Bei diesem Prinzip geht es um den Wärmeaustausch im Gegenstrom. Die Extremitäten von homoiothermen Tieren sind stark mit Blutgefäßen durchzogen, wodurch es zu erheblichen Wärmeverlusten kommen kann. Jedoch kann durch den Wärmeaustausch im Gegenstrom die Abgabe von Wärme dieser Extremitäten reduziert werden. Beim Gegenstromprinzip geht es um die Wärmeabgabe des warmen arteriellen Blutes, das vom Körperkern kommt und in die Peripherie fließt, an das kalte venöse Blut, das in die entgegengesetzte Richtung wieder zum Herzen zurückfließt. Dieser Wärmeaustausch ist möglich, da Arterien und Venen benachbart liegen und daher ein Aneinandervorbeiströmen des Blutes ermöglicht wird. Wenn das arterielle Blut in der Peripherie des Körpers angekommen ist, hat es sich bereits stark abgekühlt und unterscheidet sich kaum noch von der Umgebungstemperatur. Dadurch wird der Wärmeverlust relativ gering gehalten. Das venöse Blut wird auf seinem Weg zum Herzen durch das arterielle Blut so stark erwärmt, dass es beim Eintritt ins Herz nahezu Kerntemperatur besitzt (vgl. Eckert 2002: 805f).

Das Gegenstromprinzip wird von Pinguinen sowohl in den Flügeln als auch in den Füßen genutzt, um den Verlust von Körperwärme zu vermeiden (vgl. Gilpin o. J.: 10f). Allerdings ist der Wärmeaustausch im Gegenstrom bei den verschiedenen Pinguinarten unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Kaiserpinguin lebt in der Antarktis unter extremen Bedingungen. Er muss sich an Außentemperaturen im Minusbereich anpassen. Das Gegenstromprinzip sollte dafür stark ausgeprägt sein, damit er über seine Körperanhänge nur wenig Wärme verliert. Im Gegensatz dazu können Pinguine, die warmen und kalten Temperaturen ausgesetzt sind, ihr Gegenstromsystem fast gänzlich ausschalten (vgl. Zepper 2008: o. S.). Wenn ein Humboldtpinguin im Wasser auf Nahrungssuche geht, verliert er kaum Wärme über seine Flügel und die nackten Füße, weil diese währenddessen nur mit wenig Blut versorgt werden. An Land hingegen müssen sie mit starker Hitze umgehen und viel Wärme über ihre Körperanhänge abgeben können (vgl. Gilpin o. J.: 68; Culik 2006: 145). Dies ist möglich, da das Gegenstromsystem „von einer dicken Vene überbrückt“ ist (Zepper 2008: o. S.), die sich öffnet, wenn sich die Muskeln in der Tunica media kontrahieren und sich dadurch die Vene im Gegenstromsystem schließt (vgl. Zepper 2008: o. S.).

#### **2.1.2.4 Bergmann-Regel**

Das Phänomen, dass homoiotherme Tiere in wärmeren Gebieten meist kleiner sind als in kälteren Gebieten, wird als Bergmann-Regel bezeichnet. Diese Regel hängt von zwei Faktoren ab. Zum einen wird die Körperwärme über die Körperoberfläche abgegeben, wie in Kapitel 2.1.2 erwähnt, zum anderen hängt die Wärmebildung vom Körpervolumen ab. Daraus lässt sich schließen, dass Tiere mit einem großen Körpervolumen viel Wärme erzeugen, aber aufgrund ihrer geringen Körperoberfläche im Verhältnis zum Körpervolumen wenig Wärme verlieren. Kleinere Tiere hingegen haben ein geringeres Körpervolumen und bilden wesentlich weniger Wärme. Jedoch geben sie angesichts ihrer großen Körperoberfläche im Verhältnis zum Volumen viel Wärme ab (vgl. Schreiber 2005: 28).

Die Bergmann-Regel lässt sich auch innerhalb der Familie der Pinguine anwenden, da die Größe der Pinguinarten mit Annäherung an den Äquator immer weiter abnimmt. So gibt es Pinguinarten, die in der polaren und subpolaren Zone leben, wie z. B. der Kaiserpinguin (115 cm). Andere hingegen leben in der warmgemäßigten Subtropenzone an der Küste Südamerikas, wie z. B. der Humboldtpinguin (65 cm). Der Galapagospinguin (53 cm) wiederum lebt in warmen Gebieten der tropischen Zone (vgl. Schreiber 2005: 28).

Im Rahmen des Zooprojekts (s. Kapitel 4.3.1) wurde anhand der drei Pinguinarten Kaiserpinguin, Humboldtpinguin, Galapagospinguin die Bergmann-Regel verdeutlicht.

## **2.2 Fachdidaktische Klärung**

### **2.2.1 Forschend-entwickelndes Lernen**

Das Unterrichtsverfahren zum forschend-entwickelnden Lernen, das erstmals im Jahre 1976 öffentlich beschrieben wurde, hat in den letzten Jahren vermehrt Verwendung im naturwissenschaftlichen Unterricht gefunden. Der Terminus *Forschend-entwickelndes Lernen* vereint dabei die drei Begriffe *Forschen*, *Entwickeln* und *Lernen*. Diese lassen sich unabhängig voneinander definieren. Aus Sicht der Didaktik wird das Forschen als Prozess angesehen. Schüler nutzen ihr bestehendes Vorwissen, um mit bestimmten Methoden eigenständig neue Erkenntnisse zu erlangen. Der Begriff des Entwickelns bezieht sich in diesem Fall auf die Funktion des Lehrers. Dieser soll den Forschungsprozess anregen und weiter vorantreiben. Seine Aufgaben sind eher übergeordnet, da das forschend-entwickelnde Lernen eine hohe Schülerzentrierung aufweist (vgl. Schmidkunz 2003: 9, 19f). Lernen kann als die „Veränderung kognitiver Strukturen“ (Messner 2009: 90) beschrieben werden. Demnach kann forschend-entwickelndes Lernen als Lernprozess verstanden werden.

Ziel dieses Unterrichtsverfahrens ist die Generierung eines Problems. Im Verlauf des Unterrichts sollen die Schüler zunächst die Problematik begreifen und dann mit

sinnvollen Methoden sowie ihrem Vorwissen eine Lösung erarbeiten und neue Erkenntnisse erwerben. In den Naturwissenschaften wird bei diesem Unterrichtsverfahren häufig ein Experiment eingesetzt (vgl. auch Kapitel 2.2.2). Dies kann zur Identifizierung und beim Lösen der Problematik oder zur Sicherung des Wissens dienen (vgl. Schmidkunz 2003: 12, 21).

Der Ablauf dieser Unterrichtsmethode ist in fünf aufeinanderfolgende Denkstufen gegliedert, die im Folgenden in Anlehnung an Schmidkunz (2003: 24-31) erläutert werden:

### *1. Denkstufe: Problemgewinnung*

Diese Stufe beschreibt die Generierung eines Problems, das die Schüler begreifen und anschließend formulieren sollen. Die Darstellung des Problems kann durch einen Vortrag des Lehrers, einen Austausch zwischen Schülern oder zwischen Lehrer und Schülern oder durch einen stummen Impuls erfolgen und soll dann von den Schülern selbstständig erfasst werden. Anschließend wird das Problem formuliert. Die Problemerkennung kann dabei noch in die Problemfindung und die Problemstellung unterteilt werden. Im Falle der Problemfindung sind die Schüler in der Lage eigenständig das Problem zu erfassen und es zu formulieren. Hingegen deutet der Begriff *Problemstellung* an, dass ihnen dies nicht gelingt und der Lehrer helfend eingreifen muss.

### *2. Denkstufe: Überlegung zur Problemlösung*

Auf dieser Stufe soll das erkannte Problem mit dem vorhandenen Wissen verglichen und relevantes Wissen aktiviert werden. Ebenso sollte der Lehrer erforderliche Informationen, die für das Lösen der Problematik von Bedeutung sind, zur Verfügung stellen. Dieser Schritt beinhaltet ebenfalls die Wiederholung von schon vorhandenem Wissen. Anschließend soll seitens der Schüler eine Hypothese aufgestellt werden, die nicht nur auf vorhandenem Wissen, sondern auch auf „Intuition und Spontaneität“ beruht. Dennoch soll die Hypothese eine denkbare Lösung darstellen. Danach soll erörtert werden, wie das Problem gelöst werden kann. Dabei können mehrere Vorschläge gemacht werden, die vom Lehrer nicht bewertet werden sollen, da die Suche nach einer Lösung Teil des forschend-entwickelnden Lernens ist. Zumeist geschieht das Lösen des Problems mittels eines Experiments. In diesem Teilschritt sollte sich der Lehrer weitestgehend zurückhalten und nur behilflich sein, wenn der Entstehungsprozess der Lösung ins Stocken gerät. Abschließend müssen sich die Schüler auf einen Lösungsweg einigen und ihren Entschluss mit Argumenten, die ihrem Vorwissen entstammen, belegen.

### *3. Denkstufe: Durchführung eines Lösevorschlages*

Inhalt dieser Denkstufe ist das Planen und die Umsetzung des Experiments sowie die Diskussion der Ergebnisse. Zunächst muss festgelegt werden, ob ein Demonstrationsversuch durch den Lehrer beziehungsweise einen Schüler oder

Schülerversuche (einzeln, mit Partner, in einer Gruppe; arbeitsgleich, arbeitsteilig) durchgeführt werden. Nun müssen die Materialien ausgewählt und die Vorgehensweise beim Experimentieren abgestimmt werden, damit diese den Schülern bewusst sind und keine Probleme bei der Durchführung auftreten. Dann wird das Experiment durchgeführt und die Ergebnisse werden schriftlich notiert. Abschließend findet eine Diskussion der Ergebnisse statt und es muss entschieden werden, ob die Ergebnisse die Hypothese stützen und somit ein Verifizierungsexperiment durchgeführt wurde oder ob die Ergebnisse nicht zur Lösung des Problems beitragen und folglich von einem Falsifizierungsexperiment ausgegangen werden kann. Ist letzteres der Fall, so muss der Forschungsprozess nochmals wiederholt werden.

#### 4. *Denkstufe: Abstraktion der gewonnenen Erkenntnisse*

Diese Denkstufe verlangt von den Schülern ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen, daher teilt sich diese Stufe auch in drei Schritte auf, die den Schülern das Abstrahieren erleichtern sollen. Zunächst ist die *Ikonische Abstraktion* von Bedeutung, bei der die Ergebnisse durch Darstellungen veranschaulicht werden. Bei der *Verbalen Abstraktion* sollen die Schüler das Forschungsergebnis benennen und erläutern. Die *Symbolhafte Abstraktion* weist den höchsten Abstraktionsgrad auf. Hierbei sollen Gegebenheiten nicht nur quantitativ dargelegt, sondern auch symbolhaft hergeleitet werden.

#### 5. *Denkstufe: Wissenssicherung*

Bei der letzten Denkstufe stehen die Sicherung des Wissens sowie die Überprüfung der Lernziele im Mittelpunkt. So wird das erworbene Wissen auf andere Beispiele angewendet, um so weitere Querverbindungen im Gehirn aufzubauen und Transferleistungen, z. B. auf Umweltphänomene, zu ermöglichen. Des Weiteren wird eine Wiederholung der durchlaufenden Denkprozesse und der Ergebnisse angestrebt, damit die Schüler den durchlaufenden Prozess dauerhaft verinnerlichen. Nun besteht noch die Möglichkeit eine Lernkontrolle durchzuführen.

Diese beschriebenen Lernstufen und Lernphasen müssen individuell an jede Klasse angepasst werden. So kann z. B. die Länge einzelner Phasen stark variieren (vgl. Schmidkunz 2003: 21).

### **2.2.2 Experimentieren und Beobachten**

Das Experiment und die Beobachtung sind die zwei Erkenntnismethoden der Biologie (vgl. Gropengießer 2006: 240). Das Experiment - als zentraler Punkt des forschend-entwickelnden Lernens - ist eine Forschungsmethode zur Gewinnung von Erkenntnissen und kennzeichnend für die Naturwissenschaften sowie den naturwissenschaftlichen Unterricht. Experimente dienen dazu, Zusammenhänge zweier Faktoren zu verdeutlichen oder eine bestehende Korrelation bzw. Kausalität aufzuzeigen (z. B. zwischen Größe und Temperatur). In der Schule wird für *Experiment* häufig auch der

Begriff *Versuch* verwendet. In dieser Arbeit werden allerdings stets die Termini *Experiment* bzw. *Experimentieren* benutzt (vgl. Gropengießer 2006: 260 ff).

Ein Experiment setzt sich aus mehreren Teilschritten zusammen. Es beginnt meistens mit einer Problem- bzw. Fragestellung und der Formulierung von Hypothesen. Daraufhin folgen mithilfe der zur Verfügung stehenden Materialien die Durchführung und das Notieren der Ergebnisse. Der nächste Teilschritt ist die Analyse (Auswertung) der Ergebnisse im Hinblick auf die anfangs formulierten Fragestellungen und Hypothesen. Das Experiment endet mit der Schlussfolgerung, in der die gewonnenen Erkenntnisse auf biologische Phänomene angewendet werden (vgl. Gropengießer 2006: 260, 264; Hammann 2007: 34).

Im Rahmen des Zooprojekts wurde ein entdeckendes Experiment durchgeführt. Bei diesem Typ des Experiments kennen die Schüler das Ergebnis des Experiments nicht im Voraus. Des Weiteren gehörten die Experimente zu den qualitativen Experimenten, da lediglich nachgewiesen werden sollte, ob ein Zusammenhang zwischen zwei Faktoren besteht (vgl. Gropengießer 2006: 262f).

Die zweite Erkenntnismethode, das Beobachten, dient dazu „Eigenschaften und Merkmale, räumliche Beziehungen oder zeitliche Abfolgen der jeweiligen biologischen Erscheinung“ (Gropengießer 2006: 242) unter Zuhilfenahme verschiedener Sinne zu erforschen. Vor allem „die Zusammenhänge von Gestalt und Lebensweise“ (Gropengießer 2006: 245) lassen sich gut mithilfe der Beobachtung untersuchen. Eine Beobachtung geschieht jedoch immer ohne Interventionen durch den Beobachter. Das Beobachten ist nicht nur ausschließlich mit den Augen möglich, sondern kann auch mittels den Ohren, der Nase und anderer Sinnesorgane erfolgen. Ebenso können Instrumente - wie Mikroskope oder Ferngläser - zur Hilfe genommen werden. Außerdem wird zwischen der Kurzzeitbeobachtung (eine Schulstunde) und der Langzeitbeobachtung (z. B. mehrere Wochen) unterschieden.

Auch die Erkenntnismethode des Beobachtens verfolgt eine bestimmte Vorgehensweise. Zunächst müssen eine Fragestellung und Hypothesen formuliert werden, danach sollten der zeitliche Rahmen und die Hilfsmittel festgelegt werden. Dann erfolgt die Beobachtung anhand bestimmter Kriterien, bei der die Ergebnisse (z. B. Eigenschaften oder Merkmale) notiert werden. Dies kann in vielfacher Hinsicht geschehen, z. B. durch die Anfertigung von Zeichnungen oder einer Beschreibung. Die Daten müssen anschließend aufbereitet (z. B. in Tabellen oder Diagrammen) und ausgewertet werden (vgl. Gropengießer 2006: 242-245).

### **2.2.3 Vorstellungen**

In dem folgenden Kapitel wird zunächst der Begriff *Vorstellung* erklärt. Im Anschluss werden die Conceptual Change-Theorie und die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens dargestellt, die sich mit Vorstellungen von Schülern beschäftigen.

### 2.2.3.1 Begriffliche Klärung

Der Terminus *Vorstellung* (engl. *conception*) wird in der Lehr-Lernforschung sehr unterschiedlich verwendet. Obwohl der Begriff unter Didaktikern zunehmend an Bedeutung gewinnt, gibt es bislang noch keine einheitliche Definition (vgl. Groß 2007: 13). Gropengießer bezeichnet Vorstellungen als „subjektive gedankliche Prozesse“ (2006: 13) zu einer bestimmten Thematik, die verbal geäußert werden können (vgl. Groß 2007: 13, 15). Weitzel gibt an, dass Vorstellungen erst dann mit Bedeutungen verknüpft werden, wenn sie sprachlichen Zeichen zugewiesen werden können (vgl. Weitzel 2006: 21). Vorstellungen sind sehr komplex und lassen sich vier Komplexitätsebenen zuweisen. Die Auflistung dieser Ebenen erfolgt nach aufsteigender Komplexität:

- Begriff
- Konzept
- Denkfigur
- Theorie

*Begriffe* zählen zu den einfachsten Vorstellungen und lassen sich verbal durch Wörter und Ausdrücke verwirklichen. In der qualitativen Studie ist die Komplexitätsebene *Begriff* gleichbedeutend mit Metaphern. Bei den *Konzepten* handelt es sich um bereits komplexere Vorstellungen, wobei mindestens zwei Begriffe miteinander verknüpft sind. Konzepte werden sprachlich als Behauptungen, Fragen oder Aussagen ausgedrückt. Der dritten Komplexitätsebene werden die *Denkfiguren* zugeordnet. Hierbei handelt es sich um grundlegende Vorstellungen, die mehrere Konzepte umfassen und zusammenschließen. Sprachlich werden Denkfiguren als Grundsätze geäußert. Weitzel weist allerdings darauf hin, dass sich nicht jedes Konzept einer Denkfigur zuweisen lässt. Die komplexesten Vorstellungen sind schließlich die *Theorien*. Eine Theorie besteht aus Begriffen, Konzepten und Denkfiguren, die zu einer übergeordneten Vorstellung verknüpft werden (vgl. Gropengießer 2006: 13; Weitzel 2006: 23). Im Rahmen der qualitativen Studie waren lediglich die drei Komplexitätsebenen Begriff, Konzept und Denkfigur von Bedeutung.

Schüler verfügen oft bereits vor dem Unterricht über bestimmte Vorstellungen eines Sachverhalts, die sich aus lebensweltlichen Erfahrungen entwickeln. Diese Vorstellungen können sich allerdings von den fachlichen Vorstellungen unterscheiden. Dies kann den Lernprozess der Schüler behindern und erschweren, weshalb bei der Strukturierung von Unterricht und der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien das Vorwissen bzw. die Schülervorstellungen berücksichtigt werden sollten. Zum Erlernen und Anwenden von fachwissenschaftlichen Vorstellungen müssen die vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schüler verändert werden (vgl. Reinfried 2010: 2, 159; Weitzel 2006: 12). Hierzu wird im Folgenden die sogenannte Conceptual Change-Theorie vorgestellt.

### 2.2.3.2 Conceptual Change-Theorie

Die Conceptual Change-Forschung beschäftigt sich mit der Frage, wie die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zu einer bestimmten Thematik oder einer bestimmten Methode der Erkenntnisgewinnung durch fachwissenschaftliche Begriffe und Erläuterungen verändert werden können (vgl. Reinfried 2010: 2).

Die Theorie wurde 1982 erstmals von Posner und Strike beschrieben (vgl. Krüger 2007: 81). Das englische Wort *concept* wird im Zusammenhang mit der Conceptual Change-Theorie im Deutschen im Sinne von Vorstellung, Idee oder Konzept gebraucht (vgl. Reinfried 2010: 4). *Conceptual Change* würde demnach das Auswechseln von Vorstellungen, Ideen oder Konzepten bedeuten. Reinfried zufolge ist diese Bedeutung des Begriffs nicht zutreffend, da es sich bei Vorstellungen um „Gedanken, Bewusstseinsinhalte, Erinnerungen, Erwartungen, Ideen und Wissensstrukturen“ (vgl. Reinfried 2010: 5) handelt, die nicht einfach ausgetauscht werden können (vgl. Reinfried 2010: 5). Der Begriff *Conceptual Change* bezieht sich vielmehr auf „Veränderungen des begrifflichen Verständnisses“ (Reinfried 2010: 5) und beschreibt allgemein Lernwege von vorunterrichtlichen zu fachlichen Vorstellungen (vgl. Weitzel 2006: 12).

Diese Theorie bezieht sich grundsätzlich auf die kognitiven Veränderungen von Vorstellungen. Im Wesentlichen sollen alltägliche durch fachwissenschaftliche Vorstellungen ersetzt werden. Dies geschieht allerdings nicht in jeder Lebenslage, sondern ist meistens „kontextabhängig“ (Krüger 2007: 82), wenn sich eine Vorstellungsänderung als nützlich erweist (vgl. Krüger 2007: 81f).

In den ersten Ansätzen der Conceptual Change-Theorie Mitte der 1980er Jahre bestand die Annahme, dass alte Vorstellungen gänzlich durch neue ersetzt werden. Mittlerweile hat sich diese Sichtweise dahingehend verändert, dass alte Strukturen nicht gänzlich aufgegeben werden, sondern noch im Alltag ihre Anwendung finden. Krüger spricht daher von *conceptual reconstruction*. Der Begriff *Rekonstruktion* scheint für Krüger geeigneter, da er „den Tätigkeitsaspekt des Lernenden in den Mittelpunkt“ (Krüger 2007: 83) stellt (vgl. Krüger 2007: 82f). Im Rahmen dieser Arbeit wird allerdings der Begriff *conceptual change* verwendet, da im Zusammenhang mit der empirischen Erhebung lediglich untersucht werden soll, inwiefern sich die Vorstellungen zu dem ausgewählten Themenbereich verändern.

Damit Vorstellungen verändert werden können, müssen nach Krüger (2007: 83f) folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Unzufriedenheit
- Verständlichkeit
- Plausibilität
- Fruchtbarkeit

Wenn Schüler mit ihren bestehenden Vorstellungen unzufrieden sind, weil sie bestimmte Phänomene mithilfe der bisherigen Vorstellungen nicht mehr erklären können, kann ein Umlernen stattfinden und sie sind offen für neue Vorstellungen. Wichtig hierbei ist, dass die neuen Vorstellungen für die Schüler sinnvoll und verständlich erscheinen. Außerdem müssen die neu entwickelten Vorstellungen plausibel sein, d.h. mithilfe der neuen Vorstellungen müssen die Schüler Sachverhalte erklären können, die sie mit den bisherigen Vorstellungen nicht erläutern konnten. Sobald die neuen Vorstellungen für die Schüler verständlich und plausibel sind, können sie fruchtbar sein und auf andere Fragestellungen angewendet werden (vgl. Krüger 2007: 83f; Weitzel 2006: 13).

Allerdings kann die Theorie des Conceptual Change auch kritisch betrachtet werden. So ist ein kognitiver Konflikt allein nicht ausschlaggebend für die Rekonstruktion neuer Vorstellungen. Damit Vorstellungsänderungen erfolgen können, sollten außerdem emotionale Bedingungen - wie das Interesse - berücksichtigt werden, denn jeder Schüler ist unterschiedlich stark an einem Lerngegenstand interessiert bzw. jeder Schüler ist dem Lerngegenstand gegenüber unterschiedlich eingestellt. Außerdem ist es bei der Erforschung von Conceptual Change wichtig, dass auch die Lehr-Lernsituation sowie das Lernklima einbezogen werden (vgl. Krüger 2007: 86, 90). In der quantitativen Studie dieser Arbeit wird u.a. das Interesse der Schüler erhoben, weshalb Rückschlüsse auf die Veränderung der Vorstellungen gezogen werden können.

Die Veränderung von Vorstellungen setzt voraus, dass überhaupt Vorstellungen vorhanden sind. Laut der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens gründet jeder Mensch von klein auf erste grundlegende Konzepte durch elementare Erfahrungen (vgl. Krüger 2007: 83). Im folgenden Unterkapitel soll nun diese Theorie näher erläutert werden.

### **2.2.3.3 Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens**

Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (TeV) wurde erstmals von George Lakoff und Mark Johnson in den 1980er Jahren begründet. Wie der Name bereits vermuten lässt, sind Erfahrungen und das Verstehen grundlegend für die TeV. Menschen erlangen durch Interaktionen mit ihrer Umwelt Erfahrungen. Verstehen ist in diesem Zusammenhang nicht gleichbedeutend mit dem akustischen Verstehen oder dem Verstehen einer Fremdsprache, sondern es handelt sich hier um das Verstehen von Zusammenhängen anhand von Vorstellungen (vgl. Gropengießer 2007: 105). Die TeV beschäftigt sich demnach mit dem Zusammenhang von „Sprache, Denken und Erfahrung“ (Gropengießer 2007: 105). Weitzel zufolge kann Sprache auf die kognitiven Vorstellungen von Menschen zugreifen. Bei der Untersuchung von Sprache kann einerseits ermittelt werden, wie die kognitiven Strukturen arbeiten, andererseits wird dadurch das Verständnis von Sprache als „Ergebnis regelhafter Denkroutinen“ ermöglicht (Weitzel 2006: 15). Auch Gropengießer zufolge ermöglicht die TeV Einsicht

in die Prozesse des Denkens und des Lernens im kognitiven Bereich (vgl. Gropengießer 2007: 105).

Besonders häufig kommen beim Sprechen und Denken Metaphern vor, die einen zentralen Aspekt dieser Theorie darstellen (vgl. Gropengießer 2007: 105). Bei einer Metapher handelt es sich um „eine Übertragung von Bedeutungen aus einem (meist anschaulicheren) Erfahrungsbereich auf einen anderen (meist abstrakteren) Erfahrungsbereich“ (Altrichter 2007: 199). Sie können als „Charakterzug der Kognition“ aufgefasst werden (Gropengießer 2007: 106).

Komplexe Zusammenhänge sind oft nur mit vielen Worten darzustellen, mithilfe von Metaphern können hingegen umfangreiche Inhalte in wenigen Worten überliefert werden (vgl. Altrichter 2007: 201). Sowohl im Alltag als auch in der Wissenschaft werden solche Metaphern häufig gebraucht und dienen dazu, das bildhafte Verständnis von Begriffen zu vereinfachen. Die Struktur der Metaphern ist dabei stets identisch und lässt sich in drei Bereiche unterteilen:

- Ursprungsbereich
- Zielbereich
- Transfer

Der Ursprungsbereich beinhaltet das Verständnis des ursprünglichen Bereichs, auf den die Metapher angewendet wird. Der Zielbereich hingegen stellt den Begriff dar, auf den sich die Metapher bezieht. Der Transfer bezieht sich auf die Übertragung der begrifflichen Bedeutung vom Ursprungsbereich auf den Zielbereich, was letztendlich als Metapher bezeichnet wird (vgl. Gropengießer 2007: 106f). Damit eine Bedeutung übertragen werden kann, müssen beide Bezeichnungen etwas Vergleichbares innehaben (vgl. Altrichter 2007: 199).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit besteht, sich unterschiedlicher Ursprungsbereiche zu bedienen, d. h. für abstrakte Wissensbereiche gibt es mehrere Metaphern, was als Metaphern-Pluralismus tituiert wird (vgl. Gropengießer 2007: 109). Die kognitive Struktur der Metaphern wird in der Sprache ausgedrückt, wodurch Rückschlüsse auf „ein gedanklich-metaphorisches Konzept“ (Gropengießer 2007: 108) gezogen werden können. Im Rahmen dieser Arbeit werden in der qualitativen Studie Vorstellungen erhoben und auf Metaphern untersucht, wobei diese Aufschluss über die gedanklich-metaphorischen Konzepte der Schüler geben sollen.

#### **2.2.4 Interesse**

In diesem Unterkapitel werden die theoretischen Grundlagen des Interesses dargestellt. Zunächst wird der Begriff *Interesse* definiert, darauffolgend werden die zwei Typen von Interesse vorgestellt und abschließend die Entwicklung von Interesse thematisiert.

### 2.2.4.1 Begriffliche Klärung

Interesse ist eine Emotion, die uns im Leben ständig begleitet. Stets treffen Menschen unbewusst Entscheidungen, ob etwas für interessant gehalten wird oder nicht (vgl. Kast 2001: 11). Der Begriff *Interesse* wird nicht nur im wissenschaftlichen Bereich genutzt, sondern gehört auch zum alltäglichen Wortschatz. Allerdings weichen die Definitionen voneinander ab (vgl. Hartinger 2002: 42). Im Alltag bezieht sich der Begriff auf Freizeitaktivitäten oder etwas Unbekanntes, über das mehr Informationen gewonnen werden soll (vgl. Hartinger 2002: 42). Laut Krapp wird in der Wissenschaft Interesse als „individuelle Wertschätzung für bestimmte Gegenstandsbereiche und einer an der Sache orientierten Neigung zur wiederholten (persistenten) Auseinandersetzung mit Themen, Sachverhalten und Problemen dieses Gegenstandsbereichs“ (Krapp 1992: 40f) verstanden.

Der Begriff *Interesse* ist durch vier verschiedene Merkmale (Selbstbestimmtheit, emotionale Komponente, kognitive Komponente, wertbezogene Komponente) gekennzeichnet. Laut der „Selbstbestimmtheit“ bzw. „Selbstintentionalität des Handelns“ (Hartinger 2002: 43) kann nur dann von Interesse gesprochen werden, wenn die Auseinandersetzung mit einem Gegenstandsbereich intrinsisch motiviert erfolgt. Die emotionale Komponente besagt, dass die Beschäftigung mit einem Gegenstandsbereich mit positiven Emotionen verknüpft werden muss. Die kognitive Komponente beinhaltet, dass eine Person sich bereits über ihr umfangreiches Wissen über den Gegenstandsbereich bewusst ist, seine Schwächen kennt sowie fähig und geneigt dazu ist, ihr Wissen auszudehnen (vgl. Hartinger 2002: 43f). Das letzte Merkmal ist die wertbezogene Komponente, was bedeutet, dass der Gegenstandsbereich für die Person eine wichtige Rolle spielen muss (vgl. Vogt 2007: 11).

Ebenso lässt sich der Begriff des Interesses gegenüber dem Nicht-Interesse abgrenzen, das besonders im Bereich der Schule häufig von Bedeutung ist. Der Terminus *Nicht-Interesse* kann in Desinteresse und Abneigung eingeteilt werden. Dabei spielt beim Ersteren die *Interesselosigkeit* oder auch die *Gleichgültigkeit* einer Person gegenüber einem Gegenstandsbereich eine Rolle. Nur durch eine extrinsische Motivation erfolgt eine zeitlich beschränkte Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich und der Lernerfolg bleibt gering. Die Abneigung ist noch ausgeprägter und kann als *Antipathie* oder auch *Widerwille* bezeichnet werden. Eine Person empfindet nur eine geringe Wertschätzung gegenüber dem Gegenstandsbereich, daher wird sich aktiv einer weiteren Beschäftigung und damit verbundenen Wissensaufnahme über den Gegenstandsbereich entzogen (vgl. Vogt 2007: 13f).

Für die Schule stellt außerdem die Indifferenz einen zentralen Aspekt dar, da sie dort gehäuft auftritt. Die Indifferenz wird als „neutrale Ausgangshaltung gegenüber einem Gegenstand“ (Vogt 2007: 10) umschrieben. Es besteht daher noch keine Verbindung zwischen dem Gegenstandsbereich und der Person. In der Schule ist die erste Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich oftmals durch den Lehrer intentioniert.

Dieses ist allerdings entscheidend, ob Interesse oder Nicht-Interesse seitens des Schülers ausgebildet wird (vgl. Vogt 2007: 9f).

#### **2.2.4.2 Typen von Interesse**

Interesse kann in zwei verschiedene Typen eingeteilt werden. Hierzu zählen das situationale Interesse und das individuelle oder persönliche Interesse (im Folgenden nur als individuelles Interesse bezeichnet) (vgl. Krapp 1992: 12f). Beim situationalen Interesse besteht ein „einmalige[r], situationsspezifische[r], motivale[r] Zustand (Interessiertheit), der aus den besonderen Anreizbedingungen eines Gegenstandes bzw. einer Lernsituation (Interessantheit) resultiert“ (Vogt 2007: 12). Das individuelle Interesse zeichnet sich durch ein beständiges und motiviertes Beschäftigen mit einem Gegenstandsbereich aus und kann daher als „persönlichkeitsspezifisches Merkmal“ (Vogt 2007: 12) angesehen werden. Allerdings kann diese Form des Interesses noch in dispositionales und aktualisiertes Interesse unterteilt werden, da eine Person sich nicht zu jeder Zeit mit dem Gegenstandsbereich befasst. Das dispositionale Interesse beschreibt die innere Bereitschaft einer Person, sich mit einem bestimmten Gegenstandsbereich zu befassen. Bei dem aktualisierten Interesse hingegen besteht bereits ein individuelles Interesse und die Person befasst sich aufgrund dessen mit eben jenem Gegenstandsbereich (vgl. Vogt 2007: 12).

Ob aus der Beschäftigung mit einem Gegenstandsbereich ein situationales Interesse oder ein individuelles Interesse resultiert, hängt von den positiven Erlebnissen ab, die dazu beitragen können, dass die oben beschriebenen Merkmale von Interesse gesteigert werden. Dadurch, dass sich eine Person mehr Wissen aneignet und sich seine Einstellung ändert, vergrößert sich die Wahrscheinlichkeit einer wiederholten Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich. Dies ist besonders in der Schule von großer Bedeutung (vgl. Vogt 2007: 12f). Oftmals besteht anfänglich ein situationales Interesse, aus dem sich jedoch ein individuelles Interesse entwickeln kann (vgl. Krapp 1992: 14).

#### **2.2.4.3 Entwicklung von Interesse**

Die Entwicklung des Interesses kann in drei Phasen eingeteilt werden. Zunächst kommt es zur Phase der Introjektion, welche die erste Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich beschreibt. Die zweite Phase wird als Identifikation bezeichnet und wird durch mehrfache Beschäftigung mit dem Gegenstandsbereich erreicht. Kommt es zur Ausbildung von individuellem Interesse, beschreibt dies die dritte Phase der Integration. Darüber hinaus spielen bei der Entwicklung von Interesse die catch- und die hold-Komponente eine Rolle. Die catch-Komponente beschreibt anfängliches situationales Interesse, die hold-Komponente indes dasjenige Interesse, wenn es

weiterhin beibehalten wird. Dies muss auch bei der Planung des Unterrichts berücksichtigt werden. Dieser sollte methodisch und didaktisch so gestaltet sein, dass Schüler motiviert werden, sich auch weiterhin mit dem Gegenstandsbereich zu befassen und so ein situationales Interesse ausbilden, was dann zum individuellen Interesse führen kann (vgl. Vogt 2007: 15).

Des Weiteren sind bei der Ausbildung von Interesse, laut der Selbstbestimmungstheorie, drei Grundbedürfnisse, sogenannte basic needs, entscheidend. Diese Grundbedürfnisse sind die soziale Eingebundenheit, die Autonomie und das Kompetenzerleben. Bei der sozialen Eingebundenheit sind die Zugehörigkeit zu einem sozialen Gefüge sowie Akzeptanz von Bedeutung. Die Autonomie beschreibt das eigenverantwortliche Handeln ohne Überprüfung, z. B. durch Lehrer, sobald eine Herausforderung eigenständig zu lösen scheint. Das dritte Grundbedürfnis, das Kompetenzerleben, soll sich an einzelnen Schülern orientieren und sie weder überfordern noch unterfordern. Es kann nur dann zu einem Kompetenzerleben kommen, wenn Aufgaben vorwiegend eigenständig bewältigt werden (vgl. Vogt 2007: 15f).

Auch außerschulische Lernorte sowie das Experimentieren können sich auf das Interesse auswirken. Dies ist besonders im Hinblick auf das Zooprojekt von Bedeutung. Außerschulische Lernorte sind authentisch und können demzufolge Einfluss auf die Ausbildung von situationalem Interesse haben. Es spielen vor allem die didaktische Umsetzung des Unterrichts an einem außerschulischen Lernort sowie die Einbettung in eine Unterrichtseinheit in der Schule eine große Rolle (vgl. Glowinski 2007, zitiert nach Bertsch 2008: 25). Experimente, die von Schülern in Eigenverantwortung durchgeführt werden, müssen die Lernenden intellektuell beanspruchen, ein bestimmtes Ziel verfolgen, das erwartete Ergebnis liefern und einen hohen Grad an Selbstbestimmung haben. Nur unter diesen Voraussetzungen kann es zur Ausbildung von Interesse kommen (vgl. Hodson 1990 zitiert nach Bertsch 2008: 25). Darüber hinaus kann allgemein festgehalten werden, dass sich vor allem selbstgesteuertes Lernen positiv auf die Ausbildung von situationalem Interesse auswirkt (vgl. Kattmann 2000, zitiert nach Bertsch 2008: 25).

Im Rahmen dieser Arbeit wird in der quantitativen Studie das Interesse der Schüler erhoben. Dabei geht es vor allem um die Entstehung und auch um die Entwicklung des Interesses zu verschiedenen Bereichen des Zooprojekts, die mithilfe der theoretischen Grundlagen diskutiert werden.

### **2.2.5 Fachwissen**

Für den Begriff *Wissen* existiert keine einheitliche Definition, da er eine große Komplexität aufweist und viele verschiedene Dimensionen beinhaltet (vgl. Uihlein 2001: 8, zitiert nach Bloom 1974: 43). Allgemein kann der Terminus allerdings als „umfang- und facettenreiche[r] Bereich menschlichen Denkens“ (Uihlein 2001: 8) definiert werden. Ebenso kann Wissen, laut Straka, durch folgende Eigenschaften

charakterisiert werden: Jeder Mensch verfügt über ein bestimmtes Wissen, welches sich von Mensch zu Mensch unterscheiden kann und von einer Kontinuität gekennzeichnet ist (vgl. Straka 2005: 196f).

Wissen entspringt niemals in einem selbst, sondern wird von außen, z.B. von einer Person, gelehrt. Es wird darüber hinaus stets durch das Handeln des Menschen auf den neuesten Stand gebracht und kann somit modifiziert werden. Der Terminus *Wissen* lässt sich von dem Begriff *Information* abgrenzen. Informationen werden nicht auf Dauer angelegt und sind nur für einen kurzen Zeitraum vorhanden. Sie stellen somit die „aktuelle[...] Form“ und das Wissen die „dauerhafte[...] Form“ (Straka 2005: 196) dar. Allerdings kann sich aus einer Information Wissen entwickeln (vgl. Straka 2005: 196f). Der Begriff *Wissen* kann zudem in verschiedene Arten unterteilt werden (vgl. Uihlein 2001: 8). Für die quantitative Erhebung im Rahmen dieser Masterarbeit sind das implizite und das explizite Wissen von Bedeutung. Explizites Wissen bezieht sich auf bewusstes Wissen, das in Worten artikuliert werden kann. Es kann hinterfragt werden und zudem besteht die Möglichkeit falsches explizites Wissen zu berichtigen. Implizites Wissen hingegen kann gar nicht oder nur schwer sprachlich formuliert werden (vgl. Schelten 2000: 1ff).

Ein Ziel des Schulunterrichts ist der Erwerb von Wissen. Wissen soll in der vorliegenden Arbeit in die zwei Elemente „Wiedererkennen“ und „Reproduzieren von Fakten“ (Uihlein 2001: 9) eingeteilt werden. Es bildet auch die Grundlage für das Verstehen. Das Verstehen ist dabei die Verknüpfung von bereits bestehendem Wissen und dem neu erlernten Wissen. Es gewährleistet darüber hinaus, dass die Inhalte besser im Gedächtnis bleiben (vgl. Uihlein 2001: 9f).

Die Ermittlung von Wissensständen kann durch verschiedene Aufgabentypen erfolgen. Im Folgenden werden diejenigen kurz charakterisiert, die für die empirische Erhebung der quantitativen Studie bedeutend sind.

Eine Möglichkeit für die Ermittlung von Wissensständen sind geschlossene Aufgaben. Dabei müssen die Schüler die korrekte Antwort auf eine Frage aus einer bestimmten Anzahl unterschiedlicher Antworten geben. Dieser Aufgabentyp wird als Multiple-Choice Aufgaben bezeichnet und zielt auf das oben genannte Wiedererkennen ab. Ebenso können den Schülern auch offene Aufgaben vorgelegt werden, die sie eigenständig beantworten sollen. Dafür müssen die Schüler in der Lage sein, ihr Wissen auch anwenden zu können. Dies setzt das vorherige Verstehen voraus (vgl. Uihlein 2001: 14f).

### **3. Das Zooprojekt zum Thema „Pinguine“**

In diesem Kapitel werden nach einem kurzen Einblick in die Zoopädagogik und die Zooschule im „Zoo am Meer“ Bremerhaven die teilnehmenden Klassen vorgestellt und das Zooprojekt beschrieben. Nachdem ein Bezug zum Bremer Bildungsplan hergestellt

wurde, folgen die didaktischen und methodischen Erläuterungen sowie mögliche Fehlerquellen.

Eine Tabelle zum Ablauf des Zooprojekts und die verschiedenen Lernziele der Projektphasen befinden sich im Anhang (2 und 2b).

### **3.1 Zoopädagogik und die Zooschule im „Zoo am Meer“ Bremerhaven**

Die Zoopädagogik rückt in vielen Zoos in Deutschland immer weiter in den Mittelpunkt. Es existiert eine „EU-Zoo-Richtlinie“, die festlegt, dass Zoos ein didaktischer Auftrag obliegt und sie bei der Aufklärung der Bevölkerung zum Thema Biodiversität eine große Rolle spielen sollen (vgl. Ganslöber 2002: 5). Obwohl die Zoopädagogik einen Teil der modernen Zoos darstellen soll, gibt es weder eine klare Definition des Begriffs noch sind klare Grundsätze festgelegt, auf denen die Zoopädagogik basiert. Außerdem existiert nur wenig Literatur, die sich mit diesem Thema beschäftigt. Nicht einmal das Buch von Ganslöber (2002) mit dem Titel „Zoopädagogik“ beinhaltet eine konkrete Begriffserklärung. All dies lässt darauf schließen, dass es jedem Zoo selbst überlassen ist, was unter dem Begriff zu verstehen ist und nach welchen Vorgaben jeder Zoo handelt. Die folgenden Ausführungen basieren auf der Internetseite des Verbands deutschsprachiger Zoopädagogen e.V. (vgl. VZP o. J.: o. S.). Hier werden die Ziele einer effektiven Zoopädagogik folgendermaßen beschrieben:

*Zoopädagogik fördert das Wissen über Tiere, Pflanzen und Ökologie, aber auch die Achtung vor [...] der belebten Natur. Zoopädagogen präsentieren Tiere sowohl im biologischen, als auch im ökonomischen, kulturellen und politischen Zusammenhang. Sie machen die lokalen und globalen Eingriffe der Menschen in die Umwelt bewusst. Sie zeigen den Menschen, dass sie Teil der Natur sind und nur überleben können, wenn sie zu einer nachhaltigen Nutzung der Natur übergehen. Zoopädagogik stellt Tiere und Pflanzen so vor, dass die Menschen sich ihrer Bindung an die Natur bewusst werden und entsprechende Handlungsbereitschaften entwickeln.*

Somit sollten zoopädagogische Ziele u.a. bei der Bestandsplanung, der Gestaltung des Geheges, der Entwicklung von Projekten zum Naturschutz und der Planung von Besucherangeboten integriert werden. Die Arbeitsbereiche der Zoopädagogik beziehen sich allerdings nicht nur auf Schülergruppen, sondern können für jeden Zoobesucher interessant sein. Auch Lehrer können Beratungen für ihren Unterricht in Anspruch nehmen (vgl. VZP o. J.: o. S.).

Ein Zoopädagoge sollte ein abgeschlossenes Biologie- oder Pädagogikstudium mit Bezug zur Biologie vorweisen können oder aber eine vergleichbare Ausbildung abgeschlossen haben (vgl. VZP o. J.: o. S.).

Der „Zoo am Meer“ in Bremerhaven bietet ebenfalls eine Zooschule. Diese wird von der Fachberaterin für Zoopädagogik Sabine Bartel geleitet. Sie arbeitet als Oberstufenlehrerin mit den Fächern Biologie und Chemie an einem Gymnasium in Bremerhaven und ist mit einigen Unterrichtsstunden an das Lehrerfortbildungsinstitut Bremerhaven (LFI) abgeordnet. Daher bietet sie in der Zooschule auch Fortbildungskurse für Lehrer an. Für den Kita- und Elementarbereich, Führungen und Kindergeburtstage werden zusätzlich zwei ehemalige Tierpfleger eingesetzt sowie zwei Mitarbeiter, die zurzeit ein freiwilliges ökologisches Jahr im Zoo absolvieren. Dazu gibt es noch eine Angestellte, die stundenweise bei Bedarf vor allem für fremdsprachliche Führungen in Englisch und Italienisch beschäftigt wird (Angaben von Sabine Bartel).

„Der Natur im Zoo begegnen, in der Zooschule die Natur verstehen lernen“ (o. A. 2011: 121). Dies ist der Leitsatz der Zooschule im „Zoo am Meer“ in Bremerhaven. Während im Zoo die direkte Tierbeobachtung an erster Stelle steht, werden in der Zooschule „Themen wie Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen, die Vielfalt der Arten auf unserer Erde, das Verhalten bestimmter Tiere in der Gruppe, der Vergleich verschiedener Wirbeltiere, Säuger und Vögel oder die Ähnlichkeit von Mensch und Schimpanse [...]“ (o. A. 2011: 121) bearbeitet. In der Zooschule steht das forschende Lernen im Mittelpunkt. Je nach Altersstufe werden Konzepte zu den genannten Themen ausgearbeitet und umgesetzt. Die Schüler können mithilfe kleiner Experimente oder durch Spiele die Tierwelt entdecken und erforschen (vgl. o. A. 2011: 121).

### **3.2 Teilnehmende Klassen am Zooprojekt**

Das Zooprojekt zum Thema „Pinguine“ wurde in Zusammenarbeit mit der Zoopädagogin erstellt und jeweils an fünf Terminen mit verschiedenen Klassen durchgeführt<sup>3</sup>.

Die teilnehmenden Klassen wurden von der Zoopädagogin ausgewählt und kamen überwiegend von einem Gymnasium in Bremerhaven. Da eine Klasse kurzfristig aus klasseninternen Gründen absagen musste, schlossen sich zwei Klassen einer Oberschule aus Bremen dem Zooprojekt an, da sie zu der Zeit auf Klassenfahrt in Bremerhaven waren und den Zoo ohnehin kennenlernen wollten. Bei allen Klassen handelte es sich um die fünfte Jahrgangsstufe, somit waren die Schüler zehn bis elf Jahre alt.

Vor Beginn des Zooprojekts fand ein kurzes Kennenlernen der Gymnasialschüler im Rahmen von zweistündigen Unterrichtshospitationen statt, um einen ersten Einblick in die Arbeits- und Verhaltensweisen der Schüler dieser Klassen zu bekommen. Anzumerken ist, dass nur in den Klassen des Gymnasiums Hospitationen stattfanden, da es aufgrund der kurzfristigen Absage einer Klasse zeitlich nicht möglich war, auch die Schülergruppen der Oberschule aus Bremen vor dem Zoobesuch kennenzulernen. Im

---

<sup>3</sup> Im Anhang (A1) gibt es hierzu eine tabellarische Auflistung aller Termine und Klassen.

Rahmen dieser Arbeit wird daher keine klassische Bedingungsanalyse erfolgen, die Klassen werden lediglich aus der Gesamtbetrachtung her vorgestellt.

Die Klassen des Gymnasiums hatten durchschnittlich 27 bis 30 Schüler. Da der naturwissenschaftliche Unterricht an diesem Gymnasium in der fünften und sechsten Klasse in Halbgruppen stattfindet, erfolgt er bei zwei Lehrern. Das Verhältnis von Jungen und Mädchen war in jeder Halbgruppe nahezu ausgeglichen. In der kurzen Hospitationszeit konnte festgestellt werden, dass sich die Klassen vor allem im Leistungsniveau sowie im Arbeits- und Sozialverhalten stark unterschieden. Da einige Halbgruppen sehr lebhaft und unruhig waren, fiel es diesen schwer, sich über einen längeren Zeitraum hinweg auf die Durchführung der Experimente in der Zooschule zu konzentrieren. Auch am Gehege war auffällig, dass die Konzentration einiger Schüler bei der Bearbeitung der Aufgaben schnell nachließ. Bei anderen Klassen hingegen zeigte sich ein deutlich besseres Arbeitsverhalten und die Klassen waren insgesamt auch leistungsstärker und somit eher in der Lage, die Hintergründe der Experimente und der Arbeitsaufträge am Gehege zu verstehen.

Die Schüler aus Bremen waren aufgrund eines vorherigen Besuchs des Klimahauses in Bremerhaven schon relativ müde. Außerdem fehlte ihnen die Gelegenheit, in der Mittagszeit eine Essenspause einzulegen. Dieser Umstand bewirkte, dass die Konzentration der Schüler schnell nachließ und daher die Experimente teilweise zu falschen Ergebnissen führten. Die Arbeitsaufträge am Gehege wurden von den Schülern zwar zügig aber weniger gründlich durchgeführt, damit ihnen vermehrt Freizeit im Zoo blieb.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Großteil der Schüler motiviert und an der Durchführung des Zooprojektes interessiert war.

### **3.3 Beschreibung des Zooprojekts**

Insgesamt setzt sich das Zooprojekt aus drei Experimenten in der Zooschule und fünf Arbeitsaufträgen am Gehege zusammen. Zu Beginn wurde jedem Schüler ein Forscherheft (Anhang A 2) ausgeteilt, das die einzelnen Aufgaben am Gehege, die Informationstexte, Durchführungen und Materialien der Experimente sowie Platz für Antworten, Fragestellungen, Hypothesen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen beinhaltete.

Ursprünglich sollte die gesamte Gruppe mit den Arbeitsaufträgen am Gehege beginnen und anschließend die Experimente in der Zooschule durchführen. Der Hintergrund war, dass die Schüler so zunächst am Gehege grundlegende Kenntnisse über den Humboldtpinguin und weitere Pinguinarten erwerben sollten, die ihnen in der Zooschule bei der Durchführung der Experimente hilfreich gewesen wären. Da die Schülerzahl der Klassen mit rund 30 Schülern jedoch sehr hoch war, wurden die Klassen in Halbgruppen eingeteilt. Die 47 Schüler der zwei Klassen der Oberschule aus Bremen führten das Zooprojekt im Klassenverband durch, da eine weitere Teilung

zeitlich nicht möglich war. Letztendlich begann immer eine Gruppe mit den Arbeitsaufträgen am Gehege und die andere mit den Experimenten in der Zooschule. Nach der Pause wechselten die Gruppen dann die Lernorte.

Am Gehege waren für die Schüler fünf Arbeitsbereiche aufgebaut, die im Anhang (A 3) in Form von Fotos dargestellt sind. Bei der ersten Aufgabe sollten die Schüler einen Steckbrief über den Humboldtpinguin ausfüllen. Dazu gab es im Forscherheft acht Fragen, die schriftlich, mithilfe der Informationstafel am Gehege, beantwortet wurden.

Für den zweiten Arbeitsauftrag standen die drei bemalten Holzfiguren des Kaiserpinguins, des Humboldtpinguins und des Galapagospinguins bereit. Diese wurden von den Schülern mit einem Zollstock ausgemessen werden. Zudem sollte die Größe und der Artname in die Abbildung im Forscherheft eingetragen und das Vorkommen dieser drei Pinguinarten in einer Weltkarte farblich gekennzeichnet werden.

Die dritte Aufgabe wurde auf einem kleinen Tisch aufgebaut, auf dem vier Petrischalen, jeweils gefüllt mit Seebärhaaren, Pinguinfedern, Federn der Eiderente und Haaren des Eisbärs, standen, die mit den Zahlen eins bis vier durchnummeriert waren. Die Schüler sollten diesen den richtigen Artnamen zuordnen. Dazu befanden sich im Forscherheft vier Bilder dieser Tierarten, die als Hilfestellung bei der Bearbeitung dienten. Falls die Schüler die Artnamen trotz Hilfen anhand der Bilder nicht identifizieren konnten, bestand die Möglichkeit, die entsprechenden Gehege aufzusuchen und sich dort den richtigen Artnamen zu notieren. So wurden sie motiviert, sich im Zoo umzuschauen und die Vielfalt der Tierwelt zu entdecken.

Der vierte Arbeitsauftrag beinhaltete die direkte Tierbeobachtung. Die Schüler sollten dabei einen Humboldtpinguin in Schwimmlage zeichnen und mit Buchstaben beschriften, welche Körperteile für den Antrieb (A) und welche für die Richtungsänderung (R) zuständig sind. Dabei war es vorteilhaft, dass das Gehege im „Zoo am Meer“ eine Beobachtung der Humboldtpinguine an Land und unter Wasser zuließ.

Bei der fünften Aufgabe sollten die Schüler zunächst die Färbung der Pinguine auf der Vorder- und Rückseite benennen und anschließend ein kleines Experiment durchführen. Hierzu standen eine mit Wasser gefüllte schwarze Plastischüssel und ein durchsichtiger Behälter mit weißem Deckel zur Verfügung. Die Schüler mussten nacheinander die Pinguinfigur in Schwimmlage in die Schalen legen. Der Pinguin in der schwarzen Schüssel sollte von oben und in der transparenten Plastischale von unten betrachtet werden, um den Schülern die Vorteile der Färbung des Pinguins zu verdeutlichen. Die Ergebnisse notierten sie im Forscherheft und schlussfolgerten, dass die Färbung des Gefieders der Tarnung dient. Des Weiteren vervollständigten die Schüler eine Pinguinzeichnung, bei der verschiedene Körperteile fehlten, und malten die Pinguine gemäß ihrer Färbung an.

Die Experimente in der Zooschule, deren Durchführung auf dem forschend-entwickelnden Lernen basieren, wurden von den Schülern arbeitsteilig bearbeitet, d.h. jeder Schüler führte innerhalb seiner Gruppe nur ein Experiment durch. Fotos der

Experimente befinden sich in Anhang (A3). Es ist darauf hinzuweisen, dass für jedes Experiment Hilfskarten (Anhang A2a) für die Fragestellung, Auswertung und Schlussfolgerung zur Verfügung standen, die bei Bedarf von den Schülern genutzt werden konnten.

Anhand des ersten Experiments werden im Folgenden die verschiedenen Denkstufen des forschend-entwickelnden Lernens aufgezeigt, die aufgrund der Übereinstimmung für die Experimenten 2 und 3 nicht gesondert angeführt werden.

Das erste Experiment in der Zooschule mit dem Titel „Heiße Kartoffel“ sollte den Vorteil der jeweiligen Größenunterschiede der drei ausgewählten Pinguinarten (Kaiserpinguin, Galapagospinguin, Humboldtpinguin) veranschaulichen. Der kurze Informationstext zu Beginn des Experiments warf die Frage auf, warum der Kaiserpinguin in der Antarktis größer ist als der Humboldtpinguin in Südamerika. Diese Fragestellung musste von den Schülern erkannt und im Forscherheft notiert werden. Dies stellt die erste Denkstufe, die Problemgewinnung dar. Der kurze Informationstext diente dabei als stummer Impuls auf dessen Grundlage das Problem generiert wurde. Da einige Schüler die Hilfskarten nutzten, kann hier von einer Problemstellung gesprochen werden (vgl. Kapitel 2.2.1). Dann sollten sich die Schüler innerhalb der Gruppe eine Hypothese zu der Fragestellung überlegen und ebenfalls notieren (z. B. „Damit sie schneller durch das Wasser schwimmen und damit sie sich vor Kälte schützen.“). Dies entspricht der 2. Denkstufe, der Überlegung zur Problemlösung. Die meisten Hypothesen der Schüler beruhten dabei auf Intuitionen und Spontanität, da sie nur wenig Vorwissen zu dem vorliegenden Thema aufwiesen, das aktiviert werden konnte. Aufgrund des begrenzten Zeitrahmens konnten die Schüler anschließend nicht selbst einen Lösungsvorschlag erarbeiten, wie es das forschend-entwickelnde Lernen fordert.

Dann folgt die 3. Denkstufe, die Durchführung eines Lösungsvorschlags. Auch hier erübrigten sich einige Schritte des forschend-entwickelnden Lernens aufgrund des beschränkten Zeitrahmens. So war das Material für das Experiment den Schülern vorgegeben. Des Weiteren wurde die Durchführung bereits im Forscherheft aufgeführt, was zudem einer Überforderung der Schüler vorbeugen sollte. Ebenso wurde schon wie erwähnt festgelegt, dass die Experimente in Gruppen und arbeitsteilig durchgeführt wurden. Bei der Durchführung sollte mit drei digitalen Thermometern die Temperaturabnahme einer kleinen, einer mittelgroßen und einer großen Kartoffel gemessen und in eine Ergebnistabelle im Forscherheft eingetragen werden. Die durchschnittliche Anfangstemperatur der Kartoffeln betrug  $70^{\circ}\text{C}$ . In den folgenden zehn Minuten lasen die Schüler im Abstand von zwei Minuten die Temperatur ab. Anschließend wurde die Differenz der Start- und Endtemperatur berechnet. Diese betrug im Durchschnitt bei der kleinen Kartoffel  $13^{\circ}\text{C}$ , bei der mittleren  $8^{\circ}\text{C}$  und bei der großen Kartoffel  $3^{\circ}\text{C}$ . Anhand der errechneten Differenz werteten die Schüler das Experiment aus und erkannten, dass die große Kartoffel die Wärme am besten speicherte und die kleine Kartoffel am meisten Wärme abgab.

Bei der Schlussfolgerung, die Teil der 4. Denkstufe, der Abstraktion der gewonnenen Erkenntnisse, ist, sollte ein Bezug zu der zuvor genannten Fragestellung und der

Hypothese hergestellt werden und somit eine verbale Abstraktion innerhalb der Gruppe und später im Plenum stattfinden. Die Schüler sollten aus den Ergebnissen schließen, dass der Kaiserpinguin aufgrund seiner Größe (120 cm) die Wärme gut speichern und daher in der kalten Antarktis (-19°C) überleben kann. Der Humboldtpinguin (70 cm) hingegen lebt im warmen Südamerika (16°C) und kann aufgrund seiner kleinen Größe weniger Wärme speichern. Die 5. Denkstufe konnte nicht mehr umgesetzt werden, da der Zeitrahmen begrenzt war und in der Zooschule zumeist eine Wissenssicherung unüblich ist.

Das zweite Experiment „Dickes Fett“ beschäftigte sich mit dem Federkleid und der Fettschicht des Pinguins. Wie beim ersten Experiment gab es zur Einführung einen kurzen Informationstext. Dieser führte zu der Fragestellung, warum Pinguine ein sehr eng übereinanderliegendes Federkleid und eine Fettschicht besitzen. Die Frage und die Hypothese sollten von den Schülern im Forscherheft entwickelt und notiert werden. Bei diesem Experiment waren die Materialien und die Durchführung ebenfalls vorgegeben, da auch hier der zeitliche Rahmen begrenzt war. Die Schüler füllten drei Plastikreagenzgläser mit heißem Wasser, schraubten sie mit einem Deckel zu und steckten ein Thermometer durch eine Öffnung im Deckel hinein. Das erste Reagenzglas wurde in ein leeres Becherglas gestellt und diente der Kontrolle, das zweite wurde in ein Becherglas mit Pinguinfedern gestellt und das dritte mit Fett (Vaseline) beschmiert und in ein weiteres leeres Becherglas gestellt. Die durchschnittliche Anfangstemperatur betrug bei allen Reagenzgläsern 60°C. In den folgenden zehn Minuten wurde im Abstand von zwei Minuten die Temperatur abgelesen und von den Schülern in eine Ergebnistabelle im Forscherheft eingetragen. Zum Abschluss der Durchführung errechneten die Schüler die Differenz der Start- und Endtemperatur und schrieben diese auf. Im Durchschnitt nahm die Temperatur des Wassers im Kontrollreagenzglas um 12°C, die im Reagenzglas mit Federn umgeben um 8°C und die Temperatur im Reagenzglas mit Fett um 10°C ab. Daher ließ sich für die Auswertung festhalten, dass das Wasser im Reagenzglas mit Federn am besten die Wärme speicherte und das Wasser im Reagenzglas zur Kontrolle am meisten Wärme abgab. In der Schlussfolgerung sollten sich die Schüler auf die eingangs formulierte Fragestellung und die Hypothese beziehen und erkennen, dass sich ein Pinguin durch die Fettschicht und sein Federkleid vor Kälte schützen kann.

Das dritte Experiment heißt „Kartoffeln mit Nägeln“ und begann ebenfalls mit einem Informationstext, aus dessen Inhalt die Schüler sich eine mögliche Fragestellung erschließen sollten. Hintergrund des Experiments war, dass die Humboldtpinguine mit niedrigen Temperaturen im Wasser und höheren an Land leben müssen. Aus dem Informationstext ergab sich die Frage, warum die nackten Füße und die Flügel der Humboldtpinguine an Land stark und im Wasser schwach durchblutet werden. Die Schüler äußerten Vermutungen, was für ein Ergebnis sie erwarteten. Anschließend wurde mithilfe der vorgegebenen Materialien das Experiment durchgeführt. Auch hier mussten die Schüler die Durchführung nicht eigenständig erarbeiten, sondern fanden diese im Forscherheft. Für die Durchführung steckten sie in die drei gleichgroßen

Kartoffeln eine unterschiedliche Anzahl von Nägeln. Die erste hatte keine Nägel, in die zweite wurden zwei gesteckt und die dritte bekam vier. Nun musste von allen drei Kartoffeln die Starttemperatur gemessen und aufgeschrieben werden. Im weiteren Verlauf beobachteten die Schüler den Temperaturrückgang über einen Zeitraum von zehn Minuten. Alle zwei Minuten sollten sie die Temperaturen ablesen und in die dazugehörige Ergebnistabelle im Forscherheft schreiben. Die durchschnittliche Starttemperatur der Kartoffeln betrug 65°C. Nach dem Experiment lag die Differenz zwischen der Start- und Endtemperatur bei der Kartoffel ohne Nägel durchschnittlich bei 2°C, bei der mit zwei Nägeln bei 6°C und bei der mit vier Nägeln bei 12°C. Die Auswertung des Experiments folgte direkt im Anschluss an die Durchführung. Die Schüler hielten schriftlich fest, dass die Kartoffel mit vier Nägeln am stärksten Wärme abgab, die Kartoffel ohne Nägel hingegen konnte die Wärme am besten speichern. Die Schüler sollten erkennen, dass die Nägel auf die Körperanhänge des Humboldtpinguins, genauer auf die Flügel und Füße, übertragen werden können und schlussfolgern, dass die Flügel und Füße des Humboldtpinguins im Wasser nur schwach durchblutet sind, um die Wärme besser zu speichern. An Land werden die nackten Füße und Flügel hingegen stark durchblutet, um vermehrt Wärme abgeben zu können.

Falls einige Gruppen ihr Experiment früher als erwartet beendeten, war auf einem Extratisch ein Zusatzexperiment aufgebaut. Dieses diente dazu, Schülern den Aufbau der Knochen von Pinguinen und anderen Vögeln nahe zu bringen. Nach zwei einleitenden Sätzen folgte die Fragestellung, die im Gegensatz zu den anderen drei Experimenten schon festgelegt war („Warum haben Pinguine keine hohlen Knochen?“). Auch die Materialien und die Durchführung waren bereits vorgegeben. Bei den Ergebnissen und der Schlussfolgerung hingegen standen jeweils zwei Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Anhand der Durchführung des Experiments sollten die Schüler entscheiden und ankreuzen, ob sich das Marmeladenglas mit Steinen oder das Marmeladenglas ohne Steine leichter unter Wasser drücken ließ. In der Schlussfolgerung wurde die Fragestellung nochmals aufgegriffen. Die Schüler sollten nun wieder anhand von zwei Antwortmöglichkeiten die richtige Antwort ankreuzen und entscheiden, ob die Pinguine hohle Knochen haben, weil sie dadurch fliegen oder aber schwimmen und tauchen können.

Am Ende stellten alle Schülergruppen ihre Experimente vor, um vor allem das freie Sprechen vor der Gruppe zu üben und versuchten, den anderen Mitschülern ihr Experiment verständlich zu vermitteln.

### **3.4 Bezug zum Bremer Bildungsplan**

In diesem Unterkapitel soll das Zooprojekt zum Thema „Pinguine“ in den Bremer Bildungsplan für die Oberschule und das Gymnasium eingeordnet werden. In der fünften und sechsten Klasse ist das Thema „Pflanzen und Tiere in ihrem Lebensraum kennenlernen“ (SfBW 2006: 10) vorgesehen. In diesen Themenkomplex kann auch das

Zooprojekt eingegliedert werden. Die Schüler sollen, laut dem Bremer Bildungsplan für die Oberschule und das Gymnasium, die Vielfalt der Pflanzen und Tiere kennenlernen. Die Gymnasialschüler sollen zudem deren Vorkommen im Hinblick auf abiotische und biotische Faktoren erforschen und verstehen. Darüber hinaus sollen „ergänzende Informationen und Experimente“ den Schülern die Zusammenhänge zwischen den „Lebensraumbedingungen und der Lebensweise“ verdeutlicht werden (vgl. SfBW 2006: 10). Diese Ziele lassen sich auf das Zooprojekt übertragen. Der Zoo soll den Schülern die Vielfalt der Tiere und deren Lebensräume verdeutlichen. Das Zooprojekt beinhaltet jedoch beispielhaft nur eine Bearbeitung verschiedener Pinguinarten und deren abiotischen Faktoren, da aus zeitlichen Gründen die Behandlung weiterer Tierarten im Rahmen des Projektes nicht möglich war. Die Schüler sollen bei den Arbeitsaufträgen am Gehege ergänzende Informationen zum Pinguin erarbeiten und diese auf die Experimente in der Zooschule beziehen können. Darüber hinaus sollen die Experimente dabei helfen, dass die Schüler die Anpassung der verschiedenen Pinguinarten an ihre Lebensräume verstehen.

Im Bremer Bildungsplan sind für den obengenannten Themenkomplex inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen formuliert. Einige dieser können auch im Rahmen des Zooprojekts erworben werden. Inhaltsbezogen sollen die Schüler u.a. „Bedingungen für das Vorkommen von Pflanzen und Tieren benennen“ und „einen Zusammenhang herstellen zwischen Körperbau, Lebensraum und Lebensweise und diesen Zusammenhang als Angepasstheit benennen“ (SfBW 2006: 14). Im Zooprojekt bezieht sich dies auf die unterschiedliche Größe der verschiedenen Pinguinarten. Zudem sollen die Gymnasialschüler den Begriff „Angepasstheit erklären“ (SfBW 2006: 14) können, was im Zooprojekt auf die Anpassung an Wärme und Kälte bezogen werden kann. Zu den prozessbezogenen Kompetenzen gehören u.a. „Lebewesen beobachten und beschreiben“ zu können. Dies lernen die Schüler bei den Arbeitsaufträgen am Gehege im Zoo. Außerdem sollen die Lernenden „zwischen Beobachtung und Deutung unterscheiden“ können (SfBW 2006: 14), d.h. sie sollen bei den Experimenten sowohl in der Zooschule als auch am Gehege unterscheiden können, was sie beobachten und was sie anschließend aus dieser Beobachtung schlussfolgern können. Darüber hinaus sollen sie in der Lage sein „Ergebnisse in geeigneter Form [zu] präsentieren“ (SfBW 2006: 15). Dies geschieht am Ende der Experimentierphase in der Zooschule, indem die Schüler sich die Experimente innerhalb ihrer Halbgruppe gegenseitig vortragen. Obwohl sich die Lernziele der beiden Schulformen teilweise unterscheiden, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass in Bezug auf diese keine Unterscheidung zwischen den Schulformen im Zooprojekt gemacht wurde.

### **3.5 Didaktische Erläuterungen**

Das forschend-entwickelnde Lernen war die Grundlage des Zooprojekts zum Thema „Pinguine“. Dieses Unterrichtsverfahren zielte darauf ab, dass die Schüler zunächst ein

Problem erkannten und formulierten, um dann mithilfe von bestimmten Methoden, hier dem Experiment, sowie den vorhandenen Vorstellungen, eine Lösung des Problems erarbeiteten (vgl. Kapitel 2.2.1). Da die Schüler, die an dem Zooprojekt teilnahmen, die fünfte Jahrgangsstufe besuchten, wurde angenommen, dass Experimente bis zu dem Zeitpunkt selten bis nie eigenständig von den Lernenden im Unterricht durchgeführt wurden. Inwiefern das forschend-entwickelnde Lernen und das Lernen außerhalb des Klassenzimmers aus didaktischer Sicht von Bedeutung ist, wurde bereits in der Einleitung und in Kapitel 2.2.1 erklärt und soll daher an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden.

Der Pinguin wurde als Untersuchungsobjekt ausgewählt, da er sich im „Zoo am Meer“ gut für die direkte Tierbeobachtung sowohl an Land als auch im Wasser eignete. Des Weiteren sind die Erkenntnisse, die die Schüler im dem Zooprojekt erarbeiteten, auch auf andere Tierarten übertragbar und bieten somit eine Grundlage für den weiterführenden naturwissenschaftlichen Unterricht.

Die ausgesuchten Experimente weisen einen hohen Alltags- und Schülerbezug auf, da sie verschiedene Funktionen des eigenen Körpers verdeutlichen. So hat jeder Schüler mit Sicherheit schon einmal die Erfahrung gemacht, dass die Extremitäten bei niedrigen Temperaturen auskühlen, was auf eine schwache Durchblutung hindeutet, um möglichst wenig Körperwärme abzugeben. Dies gilt auch für den Pinguin, da dieser im kalten Wasser oder bei niedrigen Außentemperaturen seine Körpertemperatur reguliert und seine Körperanhänge schwach durchblutet, damit er nur wenig Körperwärme abgibt. Bei warmen Umgebungstemperaturen hingegen hat jeder Schüler schon einmal geschwitzt. Dies ist ein Zeichen dafür, dass der Körper Wärme abgeben muss, um die Körpertemperatur zu regulieren. Hierbei werden vor allem die Extremitäten stark durchblutet. Der Pinguin schwitzt zwar nicht, aber einige Pinguinarten leben in warmen Gebieten und müssen mit hohen Temperaturen umgehen können, weshalb sie ihre Körperanhänge stark durchbluten, um so überschüssige Wärme abgeben zu können. Somit stellt es kein Problem dar, die Eigenschaften des Pinguins auf die Lebenswelt der Schüler zu beziehen.

Zudem bieten die Experimente viele Aspekte, die die Schüler auch nach dem Zooprojekt im Unterricht anwenden und in Zukunft nutzen können. Ein Beispiel hierfür ist das erste Experiment „Heiße Kartoffel“. Dies ist vor allem für den naturwissenschaftlichen Unterricht relevant, da die sogenannte Bergmann-Regel häufig beim Thema Anpassung an Wärme und Kälte von Tieren eine Rolle spielt. Das erworbene Wissen, dass größere Pinguine weniger Wärme abgeben als kleinere und daher in kälteren Gebieten, wie der Antarktis, leben können, kann auch auf andere Tiere übertragen werden. Denn sowohl im Alltag als auch im zukünftigen Berufsleben sollten die Schüler in der Lage sein, vorhandenes Wissen auf andere Bereiche transferieren zu können.

Die Aufgaben der direkten Tierbeobachtung eigneten sich gut für die Schulung von Kompetenzen, wie z. B. dem Beobachten und dem selbstständigen Arbeiten. Zur Bearbeitung der Aufgaben mussten die Schüler den Pinguin sorgfältig und aufmerksam

beobachten. So soll zum einen ihre Beobachtungsfähigkeit geschult werden und zum anderen lernen sie, Verhaltensweisen zu interpretieren. Zudem wird den Schüler nahegebracht, dass Tiere lebendige Wesen sind, mit denen achtsam umgegangen werden muss.

Das Zooprojekt wurde in zwei Teile gegliedert, dem Arbeiten in der Zooschule und am Gehege. Während die Experimente dazu dienten, die Thematik zur Anpassung des Pinguins an Kälte und Wärme zu erforschen, wurden bei den Aufgaben am Gehege allgemeine Informationen über den Pinguin erarbeitet. Hierdurch sollte ein deduktives Vorgehen erreicht werden, bei dem die Schüler zunächst allgemeine Informationen über den Pinguin durch die Arbeitsaufträge am Gehege erfuhren und danach anhand der Experimente spezielle fachliche Inhalte herausfinden sollten. Aufgrund der hohen Schülerzahlen konnte die vorgesehene Planung nicht umgesetzt werden. Somit arbeitete immer eine Gruppe deduktiv, und die andere arbeitete induktiv, d. h. sie begann mit den Experimenten zu dem speziellen Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ und bearbeitete erst anschließend allgemein den Pinguin. Die Klassen wurden so halbiert, wie sie auch im naturwissenschaftlichen Unterricht in der Schule arbeiten. Dies bot sich an, weil die Schüler an ihre Arbeitsgruppe gewöhnt waren. Welche Gruppe mit welchem Teil des Zooprojekts begann, wurde spontan vor Ort entschieden. Die Zusammensetzung der Kleingruppen erfolgte bei den Experimenten durch ein Losverfahren, um eine Cliquenbildung von Freunden und den Ausschluss einzelner zu vermeiden. Hinsichtlich ihrer sozialen Kompetenz sollen die Schüler lernen, auch mit Mitschülern zusammenzuarbeiten, mit denen sie nicht befreundet sind. Das Arbeiten auf fachlicher Ebene mit verschiedenen Persönlichkeiten wird auch im späteren Berufsleben wichtig sein. Außerdem kann eine zufällige Gruppenzusammenstellung dafür sorgen, dass die Schüler konzentrierter arbeiten. Die Auswahl der Kleingruppen für die Aufgaben am Gehege wurde den Schülern selbst überlassen, damit sie andererseits auch lernen, Verantwortung für ihren Lernprozess zu übernehmen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl die Experimente als auch die Aufgaben am Gehege darauf abzielten, Verknüpfungen zwischen alltäglichem und fachlichem Wissen herstellen zu können.

### **3.6 Methodische Erläuterungen**

Das methodische Vorgehen innerhalb des Zooprojekts lässt sich in die zwei Bereiche Experimentieren und direkte Tierbeobachtung gliedern.

Für das Arbeiten in der Zooschule wurde die Methode des Experimentierens ausgewählt, da Experimente einen Schwerpunkt des forschend-entwickelnden Lernens bilden. In der Schule besteht jedoch nicht immer die Möglichkeit, Experimente durchzuführen. Zudem boten sich die Raumsituation sowie die Ausstattung mit Materialien in der Zooschule für die Durchführung von Experimenten an.

Die Experimente wurden in Gruppen arbeitsteilig durchgeführt, d. h. jede Gruppe führte jeweils nur ein Experiment durch. Das Zusatzexperiment war für diejenigen Gruppen gedacht, die ihre Experimente früher als andere abschließen konnten.

Jeder Einzelne der Gruppe sollte am Schluss Experte für sein durchgeführtes Experiment sein und bei der abschließenden Präsentation den Mitschülern die Ergebnisse seiner Gruppe vorstellen. Mit dieser Form der Ergebnisbesprechung wurden das freie Sprechen und das mündliche Vortragen geschult. Des Weiteren diente die Präsentation der Ergebnisse dazu, deren Richtigkeit zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren bzw. nach Gründen zu suchen, die zu falschen Ergebnissen führten. Außerdem sollten die Ergebnisse an die übrigen Gruppen weitergegeben werden, die das Experiment nicht durchführten. Die Schüler mussten darauf hingewiesen werden, dass beim Experimentieren auch falsche Ergebnisse auftreten können. Bei der Vorstellung der Ergebnisse wurde darauf geachtet, dass jedes Gruppenmitglied einen Teil des Experiments präsentiert, damit sich niemand benachteiligt fühlte. Die Arbeitsform *Gruppenarbeit* wurde für die Experimente gewählt, weil sie eine hohe Schüler- und Handlungsorientierung aufweist (vgl. Gropengießer 2006: 231). Die Arbeit in Gruppen war zudem beim forschend-entwickelnden Lernen sehr vorteilhaft, da die Schüler nicht allein vor einem Problem standen, das zu lösen war, sondern innerhalb der Gruppe die Teilschritte des Experiments gemeinsam bearbeiteten. Dabei wurde der Umgang mit Mitschülern und somit die sozialen Kompetenzen geschult.

Die direkte Tierbeobachtung bot sich als Methode für das Zooprojekt an, da das Beobachten von Tieren kennzeichnend für einen Zoobesuch ist und die Schüler so die Möglichkeit bekamen, einen Bezug zwischen Experiment und Wirklichkeit herzustellen. Für das direkte Beobachten der Pinguine wurden Aufgaben entwickelt, die den Schülern dabei halfen, die Besonderheiten der Pinguine zu erkennen und zu beobachten. Die Aufgaben am Gehege gliederten sich in zwei Teile. Die ersten zwei Aufgaben beinhalteten eine Bearbeitung von allgemeinen Informationen über den Pinguin. Bei den weiteren drei Aufgaben stand die direkte Tierbeobachtung im Mittelpunkt. Alle Aufgaben wurden in Gruppen bearbeitet, wobei die Schüler selbst ihre Gruppenmitglieder bestimmen konnten. Lediglich die Anzahl der Gruppenmitglieder wurde im Voraus festgelegt. Aus zeitlichen Gründen fand keine ausführliche Besprechung der Ergebnisse statt. Bei der Abgabe des Forscherhefts wurden diese durchgesehen und die Schüler auf Fehler hingewiesen, die sie korrigieren mussten.

### **3.7 Mögliche Fehlerquellen**

Während des Zooprojekts traten bei der Bearbeitung der Arbeitsaufträge am Gehege und der Durchführung der Experimente einige Fehlerquellen auf.

Bei dem Zoobesuch der ersten beiden Klassen wurde den Schülern zu Beginn nicht das komplette Forscherheft ausgeteilt. Die Arbeit am Gehege sollte vielmehr dem Lernen an Stationen in der Schule ähneln. Daher mussten sich die Schüler vor der Bearbeitung der

jeweiligen Aufgabe an einem zentralen Tisch den Aufgabenzettel abholen. Dieser wurde mit Namen versehen und nach Beendigung der Aufgabe wieder dort abgegeben. In der Zooschule bekamen die Schüler nur den Aufgabenzettel mit dem zu bearbeitenden Experiment, der auch am Ende eingesammelt wurde. Nach Abschluss des Projekts wurden die einzelnen Zettel der Schüler zusammengeheftet und dem jeweiligen Lehrer in der Schule ins Fach gelegt, damit das Forscherheft an die Schüler verteilt werden konnten. Allerdings stellte sich diese Vorgehensweise nicht als optimal heraus, da die Schüler am Ende des Tages ihre Forscherhefte nicht direkt mit nach Hause nehmen und dort ihren Eltern zeigen konnten, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt erhielten. Ebenso führten das Abgeben und das Abholen der Zettel und fehlende Namensbeschriftungen zu einem Durcheinander. Daraufhin wurde diese Vorgehensweise geändert und die folgenden Klassen bekamen bereits bei der Begrüßung das Forscherheft, das mit dem jeweiligen Namen versehen wurde und für das die Schüler während der Arbeit am Gehege und bei den Experimenten selbst verantwortlich waren.

Insgesamt verlief die Arbeit am Gehege sehr erfolgreich und die Schüler waren begeistert vom Lernen unter freiem Himmel. Dennoch zeigten sich bei einigen Aufgaben Probleme, weshalb Veränderungen an einigen Aufgaben nötig waren. Hierzu zählte die Weltkarte, die während der Bearbeitung der zweiten Aufgabe benötigt wurde. Die erste Klasse, die an dem Zooprojekt teilnahm, sollte diese im Anschluss an die Aufgaben am Gehege in der Zooschule bearbeiten, damit die Schüler sich dort sammelten. Es stellte sich heraus, dass die Schüler diese Aufgabe nicht zu Ende brachten, weil sie zunächst warteten, bis die andere Halbgruppe ihre Experimente in der Zooschule abschloss und die Schüler dann aufgrund der Freizeit diese Aufgabe vergaßen. Daher wurde die Weltkarte für die folgenden Klassen auf einer Plakatwand befestigt, die am Gehege aufgestellt wurde. Somit konnte diese direkt bearbeitet werden.

Bei dem dritten Arbeitsauftrag war geplant, die Artnamen den richtigen Petrischalen zuzuordnen. Allerdings fiel auf, dass sobald eine Gruppe diese Aufgabe löste, die Artnamen richtig zugeordnet liegen blieben und die nächste Gruppe sich die Reihenfolge sofort notierte. Außerdem erwies es sich als Problem, dass die Arbeitsbereiche für die dritte und fünfte Aufgabe auf einem Tisch aufgebaut waren und die Schüler sich gegenseitig bei der Bearbeitung störten. Deshalb wurden die Bereiche für die nächsten Klassen auf zwei getrennten Tischen aufgebaut.

Bei der vierten Aufgabe sollten die Schüler einen Pinguin in Schwimmlage zeichnen. Dies war jedoch problematisch, wenn kein Pinguin im Wasser schwamm. Dann mussten die Schüler auf ein Bild zurückgreifen.

Bei Aufgabe fünf stellte es sich als schwierig heraus, dass die Schüler motorisch nicht in der Lage waren, die Glasschale, die mit einem weißen Papier abgedeckt war, zu heben, um die Vorteile der weißen Färbung des Pinguinfieders zu verstehen. Aus diesem Grund wurden für die nächsten Klassen kleinere Plastikschaalen aufgestellt, die sich einfacher anheben ließen.

Auch bei den Experimenten traten einige Probleme auf, die mitunter zu falschen Ergebnissen führten. Obwohl im Forscherheft die Durchführung bereits vorgegeben war, fiel es einigen Schülergruppen schwer, das Experiment umzusetzen. Gründe hierfür lagen darin, dass einige die Anweisungen nicht genau lasen oder sie zum Teil nicht oder sogar falsch verstanden. Darüber hinaus war den Schülern die Funktion der Hypothese nicht klar. Sie wurde zwar von nahezu allen Schülergruppen formuliert, allerdings stellten die Schüler am Ende oftmals keinen Bezug zu ihren Hypothesen her. Ebenso gab es Probleme bei der Schlussfolgerung. Viele Schüler waren nicht in der Lage, die Ergebnisse des Experiments auf den Pinguin und somit auf die eingangs formulierte Fragestellung zu beziehen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Lernenden der fünften Jahrgangsstufe meist noch nicht fähig sind, ihr Wissen zu verknüpfen.

Die Durchführung der Experimente verlief ebenfalls nicht ohne Schwierigkeiten. Bei dem ersten und dem dritten Experiment stellte sich nach den ersten beiden Zooschultagen heraus, dass die Starttemperatur der Kartoffeln manchmal zu gering war und das Experiment dann häufig falsche Ergebnisse hervorbrachte. Daher wurde bei den folgenden Klassen darauf geachtet, dass die Kartoffeln stärker erhitzt wurden. Auch kam es zu einigen Verständnisschwierigkeiten. Einige Schülergruppen mussten explizit darauf hingewiesen werden, dass die Thermometer über den gesamten Experimentierzeitraum hinweg in der Kartoffel stecken bleiben und nicht zwischenzeitlich herausgezogen werden sollten. Außerdem sollte sich die Spitze des Thermometers in der Kartoffelmitte befinden. Bei dem dritten Experiment musste zudem darauf geachtet werden, dass die Nägel möglichst weit auseinander in der Kartoffel steckten. Ebenso bestimmten die Schüler oftmals die Starttemperatur falsch, da sie nicht lange genug warteten, bis die Temperatur auf dem Thermometer nicht mehr anstieg. Bei Experiment zwei kam es zu falschen Ergebnissen, wenn die Federn im Becherglas nicht dicht genug gestopft waren. Zudem stellte die Vaseline ein Problem dar, weil sie sofort nach dem Einfüllen des heißen Wassers schmolz und somit nicht mehr als Isolierung diente.

Diese hier aufgeführten Probleme bei der Durchführung ließen sich zumeist auf ungenaues Lesen der Durchführung und auch auf die geringe Erfahrung der Schüler mit Experimenten zurückführen.

## **4. Forschungsfragen und Hypothesen**

In diesem Kapitel sollen die Forschungsfragen und die Hypothesen vorgestellt werden, die die Grundlage der quantitativen und qualitativen Studie bilden. Die Forschungsfragen und Hypothesen werden anhand der fachlichen und fachdidaktischen Hintergründe, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden, entwickelt. Sowohl für die quantitative als auch für die qualitative Studie wird eine Forschungsfrage formuliert. Für die quantitative Studie werden noch vertiefende Unterfragen erstellt, die eine

Untersuchung der komplexen Forschungsfrage erleichtern. Zu der jeweiligen Forschungsfrage und zu den Unterfragen werden wiederum Hypothesen notiert, die anhand der Ergebnisse der empirischen Erhebung bestätigt oder widerlegt werden und somit zur Beantwortung der Forschungsfrage führen.

#### **4.1 Forschungsfrage und Hypothesen der quantitativen Studie**

Die quantitative Studie befasst sich mit dem Interesse, dem Fachwissen und der Anzahl der Vorstellungen zum Thema „Pinguine“. Daraus ergibt sich folgende Forschungsfrage:

***Kann eine Veränderung des Interesses, des Fachwissens und der Anzahl der Vorstellungen durch das Zooprojekt erreicht werden?***

Unterfrage 1:

*Hat sich das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Zoo, an Pinguinen, zu dem Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“, zum Experimentieren und zur Tierbeobachtung durch das Zooprojekt verändert und besteht ein Unterschied in Abhängigkeit vom Geschlecht oder der besuchten Schulform?*

Hypothese 1: Das Interesse am Zoo nimmt durch das Zooprojekt zu.

Hypothese 2: Das Interesse der Mädchen am Zoo ist größer als das der Jungen.

Hypothese 3: Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Zoo als die Oberschüler.

Hypothese 4: Das Interesse an Pinguinen nimmt durch das Zooprojekt zu.

Hypothese 5: Das Interesse der Mädchen an Pinguinen ist größer als das der Jungen.

Hypothese 6: Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse an Pinguinen als die Oberschüler.

Hypothese 7: Das Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ nimmt durch das Zooprojekt zu.

Hypothese 8: Das Interesse der Mädchen am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ ist größer als das der Jungen.

Hypothese 9: Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ als die Oberschüler.

Hypothese 10: Das Interesse am Experimentieren und an Tierbeobachtungen nimmt durch das Zooprojekt zu.

Hypothese 11: Das Interesse der Jungen ist am Experimentieren größer, das der Mädchen hingegen an Tierbeobachtungen.

Hypothese 12: Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Experimentieren und an Tierbeobachtungen als die Oberschüler.

Unterfrage 2:

*Hat sich das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler durch das Zooprojekt verändert?*

Hypothese 13: Das Fachwissen nimmt durch das Zooprojekt zu.

Hypothese 14: Der Zuwachs des Fachwissens ist bei den Mädchen größer.

Hypothese 15: Der Zuwachs des Fachwissens ist bei den Gymnasialschülern größer als bei den Oberschülern.

Unterfrage 3:

*Korreliert das Interesse mit der Zunahme an Fachwissen?*

Hypothese 16: Je größer das Interesse vor dem Besuch des Zoos an Pinguinen, desto größer ist auch der Zuwachs an Fachwissen.

Hypothese 17: Je größer das Interesse vor dem Besuch des Zoos an dem Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“, desto größer ist auch der Zuwachs an Fachwissen.

Unterfrage 4:

*Wirkt sich die Vorbereitung des Themas „Anpassung an Wärme und Kälte“ im Schulunterricht auf das Interesse am Thema und auf das Fachwissen aus?*

Hypothese 18: Schüler, die das Thema bereits in der Schule behandelt haben, weisen vor der Durchführung des Zooprojekts ein größeres Interesse am Thema auf.

Hypothese 19: Schüler, die das Thema bereits in der Schule behandelt haben, weisen vor der Durchführung des Zooprojekts ein höheres Fachwissen auf.

Hypothese 20: Schüler, die das Thema noch nicht in der Schule behandelt haben, weisen nach dem Zoobesuch einen größeren Lernzuwachs auf, als Schüler, die das Thema bereits behandelt haben.

Unterfrage 5:

*Können Schüler nach dem Zoobesuch die Begriffe des Experimentierens benennen?*

Hypothese 21: Die Schüler können nach dem Zoobesuch die Begriffe des Experimentierens vollständig und korrekt angeben.

Unterfrage 6:

*Sehen die Schüler die Experimente und die Tierbeobachtungen als ‚sehr hilfreich‘ für das Verständnis des Themas „Anpassung an Wärme und Kälte“ an?*

Hypothese 22: Die Schüler sehen vor allem die Experimente als ‚sehr hilfreich‘ bzw. ‚hilfreich‘ an.

Hypothese 23: Die Schüler sehen vor allem die Tierbeobachtung als ‚sehr hilfreich‘ und ‚hilfreich‘ an.

Unterfrage 7:

*Verändert sich die Anzahl an Vorstellungen der Schüler nach der Durchführung des Zooprojekts?*

Hypothese 24: Die Anzahl an Vorstellungen der Schüler verändern sich durch das Zooprojekt.

Hypothese 25: Die Anzahl der Vorstellungen der Mädchen sind größer als die der Jungen.

Hypothese 26: Die Anzahl der Vorstellungen der Gymnasialschüler sind größer als die der Oberschüler.

## **4.2 Forschungsfrage und Hypothesen der qualitativen Studie**

Die qualitative Studie beschäftigt sich bezüglich der Interviews mit dem Themengebiet „Regulation der Körpertemperatur bei Pinguinen“. Es geht dabei um die Anpassung von Pinguinen an Wärme und Kälte. Die Vorstellungen der Schüler zu diesem Thema sollen mithilfe der Interviews vor und nach dem Zoobesuch ermittelt werden. Besonderes Augenmerk soll dabei auf möglichen Vorstellungssänderungen liegen. Die Mindmaps sollen ebenfalls dazu dienen, qualitativ zu untersuchen, ob sich die Vorstellungen der Schüler zum Thema „Pinguine“ durch das Zooprojekt verändern. Die Forschungsfrage lautet demnach:

*Verändern sich die Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern, Denkfiguren) durch das Zooprojekt?*

Die Forschungsfrage soll mithilfe der folgenden drei Hypothesen beantwortet werden. Sie beziehen sich auf verschiedene Komplexitätsebenen von Vorstellungen der Schüler, die sogenannten Konzepte, Metaphern und Denkfiguren. Die drei Hypothesen sind:

*Hypothese 1: Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten durch das Zooprojekt zunimmt.*

*Hypothese 2: Es wird angenommen, dass die Schüler durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern gebrauchen.*

*Hypothese 3: Es wird angenommen, dass durch das Zooprojekt die Anzahl an Denkfiguren zunimmt.*

Um die Hypothesen bestätigen oder gegebenenfalls widerlegen zu können, muss zunächst festgestellt werden, ob die Vorstellungen der Schüler überhaupt Konzepte, Metaphern oder Denkfiguren beinhalten. Diese Untersuchung wird in die Ergebnisse zu den einzelnen Hypothesen integriert.

## **5. Empirische Erhebungen**

### **5.1 Untersuchungsdesign der quantitativen Studie**

Diesem Teil der empirischen Erhebung liegt ein quantitatives Untersuchungsdesign zugrunde. In den folgenden Unterkapiteln werden zunächst die Probanden charakterisiert, dann die Methode der Datenerhebung sowie der Aufbau der Fragebögen vor und nach dem Zoobesuch dargestellt. Abschließend wird die Methode der Datenanalyse, die zur Auswertung der Fragebögen diente, erläutert.

#### **5.1.1 Probanden**

An der quantitativen Studie nahmen 140 Schüler teil. Jeder gab auf seinem Fragebogen einen vierstelligen Code an, der sich aus den ersten beiden Buchstaben des Vornamens der Mutter und aus den letzten beiden Buchstaben des eigenen Namens zusammensetzte. So bestand bei der Auswertung die Möglichkeit, nur die Schüler in der Studie zu berücksichtigen, die sowohl den Pre- als auch den Postfragebogen ausgefüllt hatten.

An der Studie nahmen 76 Schülerinnen und 64 Schüler teil, was einer prozentualen Verteilung von 54 % zu 46 % entsprach. Das Durchschnittsalter der Schüler lag bei 10,6 Jahren, wobei 44% zehn Jahre und 55% elf Jahre alt waren. Die teilnehmenden Klassen kamen von zwei Schulen, dabei stellte das Gymnasium mit 95 Schülern (68 %) die weitaus größere Gruppe im Gegensatz zu den 45 Schülern (32 %) der Oberschule dar.

Die genauen Daten der einzelnen Schüler können dem Datenblatt I und den Tabellen 1.1 - 1.3 (Anhang A5) entnommen werden.

### **5.1.2. Methode der Datenerhebung**

Die empirische Erhebung der quantitativen Daten wurde schriftlich in Form von Fragebögen durchgeführt. Der Fragebogen zielte auf die Erhebung des Interesses und des Fachwissens ab. Die Datenerhebung wurde sowohl vor dem Zoobesuch (Pre-Fragebogen) als auch nach dem Zoobesuch (Post-Fragebogen) durchgeführt. Die Befragungen der Gymnasialschüler fand in Halbgruppen eine Woche vor und nach dem Zootermin in den Fachräumen der Schule statt. Die Befragung der Schüler der Oberschule musste aus organisatorischen Gründen vor und nach der Durchführung des Zooprojekts in der Zooschule durchgeführt werden. Zu Beginn jedes Erhebungszeitpunktes wurde den Schülern zunächst eine kurze Erklärung zu den Fragebögen gegeben, damit sie diese anschließend eigenständig ausfüllen konnten. In den folgenden Unterpunkten wird der Aufbau der Fragebögen (Anhang A4) kurz dargestellt.

#### **5.1.2.1 Aufbau der Pre-Fragebögen**

Der Fragebogen (A4) zur Erhebung des Interesses und des Fachwissens gliederte sich in drei Bereiche (vgl. Fragebogen I im Anhang A4).

Zunächst mussten die Schüler den vierstelligen Code (vgl. Kapitel 5.1.1) und einige persönliche Daten angeben. Hierzu zählten ihr Geschlecht, ihr Alter sowie der Namen der Schule und ihre Klasse. Dies war für die spätere Analyse von geschlechts- und schulspezifischen Unterschieden von Bedeutung.

Im zweiten Bereich wurden sieben Multiple-Choice Aufgaben gestellt, die sich mit dem Interesse der Schüler an Biologie, am Zoo, an Pinguinen, an dem Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“, am Experimentieren und an Tierbeobachtungen beschäftigten. Darüber hinaus wurde die Frage gestellt, ob die Schüler das Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ bereits in der Schule behandelt hatten und welche Begriffe zum Experimentieren gehören. Mit der letzten Frage wurde erhoben, ob die Schüler bereits mit der Vorgehensweise beim Experimentieren vertraut waren.

Der dritte Teil des Fragebogens diente der Erhebung des bereits vorhandenen Fachwissens über Pinguine und war mit der Frage „Wie gut kennst du dich mit Pinguinen aus?“ überschrieben. Der Großteil der Fragen in diesem Bereich waren ebenfalls Multiple-Choice Aufgaben, allerdings wurden auch drei offene Fragen zum Pinguin gestellt, die mit eigenen Worten beantwortet wurden.

Bei jeweils einer Multiple-Choice Aufgabe im Bereich des Interesses und einer im Bereich des Fachwissens konnten mehrere Kreuze gesetzt werden. Dies wurde durch

den Zusatz „mehrere Kreuze möglich“ hinter der Fragestellung kenntlich gemacht. Darüber hinaus waren bei den offenen Fragen sieben und acht mehrere Antworten möglich. Dies wurde durch den Zusatz „mehrere Antworten möglich“ deutlich gemacht. Außerdem wurden die Schüler bei den Erklärungen zu den Fragebögen mündlich darauf hingewiesen.

### **5.1.2.2 Aufbau der Post-Fragebögen**

Nach der Durchführung des Zooprojekts füllten die Schüler erneut den Fragebogen aus. Der Fragebogen hingegen unterschied sich in einigen Punkten (vgl. Fragebogen II im Anhang A4). Die Schüler gaben im Gegensatz zum ersten Fragebogen lediglich den Code und ihre Klasse an, weil die weiteren Daten bereits in den Fragebögen vor dem Zooprojekt erhoben worden waren und mittels des Codes übertragen werden konnten.

Im zweiten Bereich fiel die Eingangsfrage zum Interesse an Biologie heraus. Jedoch wurde der Fragebogen um drei Fragen erweitert. In einer Multiple-Choice Aufgabe sollte bewertet werden, wie hilfreich die Durchführung der Experimente und die Tierbeobachtungen für das Verständnis des Themas „Anpassung an Wärme und Kälte“ waren. Darüber hinaus sollten die Schüler die Fragen, was ihnen am Zoo besonders gut gefallen hat und ob sie den Zoo weiterempfehlen würden, beantworten.

Der dritte Bereich war nahezu identisch mit dem Fragebogen vor dem Zoobesuch, um den Wissenszuwachs der Schüler nach der Durchführung des Zooprojekts bestimmen zu können. Lediglich die beiden abschließenden offenen Fragen waren im Fragebogen nach der Unterrichtseinheit konkret auf Pinguine bezogen und nicht mehr allgemein auf Tiere, wie es im Fragebogen vor dem Zoobesuch der Fall war, da davon auszugehen war, dass die Schüler besonders in Bezug auf den Pinguin und seine Wärme- und Kälteanpassung hinzulernten.

Auch in diesem Fragebogen traten zwei Multiple-Choice Aufgaben und zwei offene Fragen auf, bei denen mehrere Antworten möglich waren, worauf die Schüler durch den Zusatz (vgl. Kapitel 5.1.2.1) sowie vor der Bearbeitung hingewiesen wurden.

### **5.1.3 Methode der Datenanalyse**

In diesem Unterkapitel wird die Methode der Datenanalyse beschrieben. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte computergestützt mit dem Programm Microsoft Excel.

Zunächst wurden die persönlichen Daten, die im ersten Bereich des Fragebogens erhoben wurden, in Microsoft Excel erfasst. Auf dieser Datengrundlage konnten Tabellen erstellt werden, die Auskunft über die Probanden (Geschlecht, Alter, besuchte Schule) geben (vgl. Anhang A5).

Bei den Multiple-Choice Aufgaben im zweiten und dritten Teil des Fragebogens dienten die angegebenen Antwortmöglichkeiten als Kategorien, die gegeneinander ausgewertet wurden. Bei den offenen Fragestellungen wurden anhand des Datenmaterials Kategorien erstellt und die Häufigkeit dieser numerisch erhoben. Antworten, die nur selten genannt wurden und sich keiner Kategorie zuordnen ließen, wurden unter ‚Sonstige‘ zusammengefasst. Darüber hinaus galt es zu überprüfen, ob die Ergebnisse einiger Fragen miteinander korrelieren. Zudem wurden die Ergebnisse in graphischer Form im fließenden Text sowie in Tabellen im Anhang aufgeführt, um den Überblick zu erleichtern.

Die Ergebnisse der empirischen Erhebung wurden auf ihre statistische Signifikanz hin überprüft. Dies geschah mittels des *T-Tests*, der dazu dient, die Mittelwerte zweier Stichproben miteinander zu vergleichen. Der T-Test errechnet dabei den p-Wert, der Auskunft über die Irrtumswahrscheinlichkeit gibt - also darüber wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass das Ergebnis durch einen Zufall zustande gekommen ist. Es kann nur dann von einem statistisch signifikanten Ergebnis gesprochen werden, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit bzw. der p-Wert kleiner als 5 % (0,05) ist. Ein weiteres Signifikanzniveau wird erreicht, wenn der p-Wert kleiner als 1% (0,01) ist. In diesem Fall wird von einem sehr signifikanten Ergebnis gesprochen. Sobald ein Ergebnis signifikant ist, kann die Nullhypothese abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen werden. Dabei geht die Nullhypothese stets davon aus, dass kein signifikanter Unterschied z. B. zwischen zwei Gruppen besteht. Da in dieser Arbeit gerichtete Hypothesen vorliegen, wird der einseitige T-Test verwendet (vgl. Bortz 2006: 494ff, 735, 743). Des Weiteren wurde der Typ 1 für den Vergleich der gepaarten Daten vor und nach dem Zoobesuch eingesetzt, da die Daten jeweils die gleiche Gruppe umfasste. Der Typ 2 wurde für den Vergleich der Geschlechter und der Schulformen gewählt, da er Anwendung findet, wenn es sich um zwei unterschiedliche Gruppen mit gleicher Varianz handelt (vgl. Excel-Hilfe).

Für die Berechnung des p-Werts mithilfe des T-Tests wurde den einzelnen Antwortkategorien zum Interesse eine Zahl zugewiesen. So steht eine Eins für ‚kein Interesse‘ und eine Fünf für ‚sehr großes‘ Interesse. Setzte ein Schüler kein Kreuz bei einer Frage, so wird ihm eine Null zugeordnet. Bei der Frage nach dem Interesse am Experimentieren und an Tierbeobachtungen wurde aufgrund der sechs möglichen Antwortkategorien dem ‚sehr großem‘ Interesse eine Sechs zugeordnet und ‚nie gemacht‘ eine Null. Dies gilt auch für die Frage im Post-Fragebogen, wobei die Antwortmöglichkeit ‚nie gemacht‘ entfiel. Bei den Fragen zum Fachwissen sowie auch der Frage, welche Begriffe zum Experimentieren gehören, unterschied sich die Vorgehensweise. Hier wird allen richtigen Antworten eine Eins zugeordnet, den falschen hingegen eine Null. Fragestellungen, bei denen mehrere Antworten richtig waren, erhielten pro richtig gesetztes Kreuz eine Eins. Für jedes falsche Kreuz wurde wiederum eine Eins abgezogen. Die richtigen Antworten wurden für jeden Schüler addiert. Aus diesen addierten Zahlenwerten ließen sich dann die Mittelwerte bestimmen.

## **5.2 Das Untersuchungsdesign der qualitativen Studie**

In diesem Unterkapitel wird das Untersuchungsdesign der qualitativen Studie vorgestellt. Zunächst werden die Probanden und das problemzentrierte Interview als ausgewählte Methode zur Datenerhebung beschrieben. Daraufhin wird der Interviewleitfaden vorgestellt und erklärt, wie das Material aus den Interviews aufbereitet wird. Abschließend wird die Methode der Datenanalyse erläutert.

### **5.2.1 Probanden**

Für die Interviews wurden Schüler der fünften Jahrgangsstufe ausgewählt, die an dem Zooprojekt teilnahmen. Es handelte sich um sechs Gymnasialschüler und einem Oberschüler. Diese Verteilung resultierte aus der kurzfristigen Absage der einen Gymnasialklasse (vgl. Kapitel 3.2) und der Aufnahme zweier Klassen der Oberschule in die empirische Erhebung.

Für die Interviews wurden die Schüler von den Biologielehrern ausgewählt. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass die Schüler möglichst leistungsstark waren, da angenommen wurde, dass diese kommunikativer sind. Aus Vorgesprächen mit den Biologielehrern wurde in Erfahrung gebracht, dass Themen zur „Anpassung an Wärme und Kälte“ von Tieren im naturwissenschaftlichen Unterricht bis zu dem Zeitpunkt der empirischen Erhebung in der fünften Klasse selten behandelt wurden. Deshalb konnte davon ausgegangen werden, dass die Schüler weitgehend ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen beschrieben.

Insgesamt nahmen an den Interviews drei Mädchen und vier Jungen teil, die jeweils vor und nach dem Zoobesuch interviewt wurden.

### **5.2.2 Methode der Datenerhebung**

Als Methode der Datenerhebung für die qualitative Untersuchung wurde die mündliche Befragung in Form eines Interviews ausgewählt.

Für das Forschungsvorhaben dieser Arbeit diente ein halb strukturiertes, direktes und ermittelndes Interview (vgl. Bortz 2006: 238). Als Interviewform wurde das problemzentrierte Interview gewählt, wobei die Probanden einzeln befragt wurden. Dieses ist auf eine bestimmte Fragestellung zentriert, auf die der Interviewer immer wieder Bezug nimmt. Dabei nutzt er einen Leitfaden mit den wesentlichen Fragen und Aspekten, der im Voraus erstellt wird und ihn während des Interviews leitet (vgl. Mayring 2002: 67). Es wurde sich für Einzelinterviews entschieden, da die Vorstellungen der Schüler ermittelt werden sollten und diese bei Partnerinterviews durch mögliches Nachsprechen beeinflussbar gewesen wären.

Ein teilstrukturiertes Interview ermöglicht dem Befragten, sich relativ offen zu äußern, was einer offenen Gesprächssituation ähnelt (vgl. Mayring 2002: 67). Da Schüler der fünften Jahrgangsstufe noch sehr jung für solche relativ offenen Interviews sind, werden bei der Befragung zusätzlich Bildimpulse (vgl. Anhang A9b) eingesetzt, um die Thematik für die Schüler anschaulich zu gestalten und ihre Vorstellungen zu bestimmten Fragestellungen anzuregen.

### 5.2.3 Interviewleitfaden

Bevor ein Interviewleitfaden erstellt werden kann, müssen die Problemstellung bzw. das Thema für die mündliche Befragung analysiert sowie bestimmte Gesichtspunkte herausgearbeitet und in dem Leitfaden zusammengetragen werden (vgl. Mayring 2002: 67).

Für die qualitative Erhebung wurden ein Interviewleitfaden für das Startinterview und ein weiterer für das Abschlussinterview erstellt. Die zwei Interviewleitfäden unterschieden sich lediglich anhand der gewählten Einstiegsfragen (vgl. Tabelle 1 Anhang A9a). Hierbei ging es nicht um die Vorstellungen der Schüler, sondern vielmehr um die Hinführung zum Thema bzw. die Einleitung der Interviews. Die Schüler bekamen dadurch die Möglichkeit, sich an die Gesprächssituation zu gewöhnen.

Nach den Einstiegsfragen folgten bei beiden Interviews die vertiefenden Fragen, die auf das Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ des Interviews eingingen. Diese bauten nicht aufeinander auf, sodass die Reihenfolge der Fragen nicht strikt eingehalten werden musste.

Im Folgenden werden die vertiefenden Fragen des Leitfadens tabellarisch vorgestellt (Tabelle 2). Die Tabelle zeigt die möglichen Formulierungen der Fragen, erwartete Vorstellungen und besondere Anmerkungen.

Tab.2: Interviewleitfaden der Start- und Abschlussinterviews

<b>Leitfadenfragen</b>	<b>Erwartete Vorstellungen</b>	<b>Anmerkungen</b>
Kommt der Pinguin in kalten oder in warmen Regionen vor?	Kalte Regionen  Südpol (und auch in wärmeren Gebieten)	Lebensräume von Pinguinen erfragen
Bildimpuls 2	Vorkommen auch in wärmeren Gebieten  Größenunterschied (größer/ kleiner)	Anregung der Vorstellungen zum Lebensraum der Pinguinen

Kannst du dir vorstellen, warum die Pinguine in der Antarktis größer sind als am Äquator?	Weniger Wärmeabgabe bessere Wärmespeicherung	Größenunterschiede erklären
Was schätzt du, wie groß ist ein Pinguin am Äquator /Antarktis?	Größen von 30 cm bis 200 cm	Vermutungen zu Größen
Wie schafft es der Pinguin, dass seine Körpertemperatur bei kalten Umgebungstemperaturen immer gleich ist?	Isolierung (Fell bzw. Federn) Bergmann-Regel	Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme erklären
Wie stellst du dir das Federkleid eines Pinguins vor?	Weich schwarz-weiß	Beschreibung der Farben und des Aussehens der Federn
Schützen die Federn den Pinguin auch im Wasser vor Kälte? Wie stellst du dir das vor?	Einfettung der Federn	Beschreibung der Art und Weise, wie die Federn im kalten Wasser der Isolierung dienen
Gibt es noch weitere Möglichkeiten, sich im Wasser vor Kälte zu schützen?	Geringe Durchblutung der Flügel und Füße	Beschreibung der Durchblutungsregulierung der Körperanhänge zur Erhaltung der Körperwärme
Wie schafft es der Pinguin, dass seine Körpertemperatur bei warmen Umgebungstemperaturen immer gleich ist?	Stärkere Durchblutung der Körperanhänge Hecheln	Beschreibung der Durchblutungsregulierung der Körperanhänge zur Abgabe der Körperwärme

### 5.2.4 Durchführung der Interviews

Die Interviews wurden hauptsächlich in der Schule durchgeführt. Dieser Ort wurde ausgewählt, da es sich um eine gewohnte Umgebung der Schüler handelte. Die Interviews fanden immer eine Woche vor bzw. eine Woche nach dem Zooprojekt statt, da davon ausgegangen wurde, dass ein Interview direkt im Anschluss an das Zooprojekt zu sehr einer Wissensabfrage ähneln würde. Lediglich die zwei Interviews

mit dem Oberschüler wurden direkt in der Zooschule vor und nach dem Zoobesuch durchgeführt.

Die Schüler wurden einzeln in ruhiger Atmosphäre außerhalb des Klassenraums bzw. des Zooschulraums interviewt. Nach der gegenseitigen Begrüßung nannte der Interviewer das Thema und wies darauf hin, dass die Schüler sich bei den Antworten Zeit lassen sollten, es nicht um richtig oder falsch ging und dass kein Wissen abgefragt würde, sondern vielmehr ihre Vorstellungen von Bedeutung waren. Außerdem wurde den Schülern erklärt, dass die Befragung nicht benotet würde und anonym sei.

Außerdem ergaben sich aus dem jeweiligen Gespräch heraus spontane Fragen, die nicht im Leitfaden auftauchten. Dies diente dazu, die Aussagen der Schüler besser zu verstehen. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Fragen aus dem Leitfaden nicht immer dem gleichen Wortlaut entsprachen, sondern je nach Interviewpartner abweichen konnten.

Da es bei den Interviews um Vorstellungen bzw. mögliche Vorstellungsänderungen ging, wurde auf intensives Nachfragen und Hinweisen verzichtet, um die Vorstellungen nicht zu beeinflussen.

Die Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet, wofür zunächst das Einverständnis der Eltern eingeholt werden musste.

### **5.2.5 Aufbereitung des Materials**

Bevor Interviews analysiert werden können, muss das Datenmaterial, die gesprochene Sprache, verschriftlicht (transkribiert) werden (vgl. Bortz 2006: 310f). Die Interviews wurden direkt nach der Durchführung transkribiert<sup>4</sup>, indem sie von dem Diktiergerät auf den Computer überspielt und mehrmals angehört wurden. Hierbei wurde der genaue Wortlaut abgetippt. Die Korrektur der Rechtschreibung und Grammatik wurde dabei vernachlässigt, da ansonsten der Text durch den Interviewer bereits interpretiert worden wäre. Details wie Tonhöhe oder gleichzeitiges Sprechen wurden nicht transkribiert und ausgewertet, da diese nicht bedeutend für die qualitative Erhebung waren. Außerdem wurden die Zeilen der Interviewtranskripte durch Zeilennummern gekennzeichnet, um bei den Ergebnissen auf wichtige Textpassagen verweisen zu können. In den Transkripten wurden die veränderten Namen der Schüler mit dem Anfangsbuchstaben abgekürzt. Im Anschluss an die Transkription der Interviews wurden die Transkripte in redigierte Aussagen (Anhang A12) zusammengefasst, um den Inhalt verständlicher zu formulieren und um die Zuordnung zu den Kategorien bei der qualitativen Inhaltsanalyse zu erleichtern. Es wurden dabei grammatikalische Fehler behoben und ganze Sätze formuliert, die individuellen sprachlichen Ausdrucksweisen und die Reihenfolge blieben erhalten. Die Aussagen, die einen speziellen Themenbereich

---

<sup>4</sup> Die Transkriptionsregeln befinden sich als Tabelle im Anhang (A9), die in Anlehnung an Küsters (2006:75) erstellt und teilweise abgewandelt wurden.

betrafen, wurden in Absätzen zusammengestellt und mit den zugehörigen Zeilennummern versehen. Die Äußerungen des Interviewers werden dabei herausgenommen, sofern die Antworten inhaltlich auf die eigentliche Frage zurückgeführt werden konnten. Ansonsten wurden zentrale Begriffe oder Sätze in Klammern hinzugefügt, um die Verständlichkeit zu wahren. Die redigierten Aussagen wurden allerdings nur für die Übersichtlichkeit und die Zuordnung der Kategorien genutzt. Die Ergebnisse werden anhand von Ankerbeispielen aus den Originaltranskripten belegt.

## **5.2.6 Methode der Datenanalyse**

Die Interviews sollten mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet werden. Mayring formuliert den Grundgedanken einer qualitativen Inhaltsanalyse folgendermaßen:

*Qualitative Inhaltsanalyse will Texte systematisch analysieren, indem sie das Material schrittweise mit theoriegeleitet am Material entwickelten Kategoriensystemen bearbeitet (2002: 114).*

Im Mittelpunkt einer solchen Analyse steht dabei das Kategoriensystem (vgl. Mayring 2002: 114). Altrichter zufolge sind Kategorien in diesem Zusammenhang „allgemeinere Begriffe oder Aussagen, mit denen das jeweilige Datenmaterial (z. B. Interviewaussagen) geordnet und beschrieben werden kann [...]“ (Altrichter 2007: 186). Das vorliegende Material aus den Interviews wurde nach der strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse interpretiert. Diese Methode zielt auf die inhaltliche Strukturierung ab, d. h. es werden spezifische Themen oder Inhalte aus dem aufbereiteten Material herausgefiltert (vgl. Mayring 2003: 58, 85).

Zunächst wurden Kategorien anhand des Materials und der theoretischen Hintergründe des Pinguins entwickelt und beschrieben (vgl. Anhang A11), um bestimmen zu können, welche Aussagen aus dem Datenmaterial thematisch unter die Kategorie fielen. Danach sollten redigierte Aussagen den Kategorien zugeordnet werden, die beispielhaft für diese waren. Die Kategorienbildung erfolgte im Rahmen dieser Arbeit deduktiv, da die Kategorien entwickelt wurden, bevor das Material durchgesehen wurde.

## **5.3 Mindmaps**

Mithilfe von Mindmaps sollten sowohl quantitativ als auch qualitativ die Vorstellungen der Schüler vor und nach dem Zoobesuch untersucht werden. Die Methode des Mindmappings wurde 1971 von Tony Buzan erfunden (vgl. Buzan 2002: 9,12). Nach Buzan stellt die Mindmap eine „graphische Technik dar, einen Universalschlüssel für

die Erschließung unseres Gehirnpotentials“ (Buzan 2002: 59). Mindmaps helfen dabei, die Gedanken zu einem bestimmten Inhalt methodisch aufzuschreiben. Das zentrale Thema wird in die Mitte eines Blatt Papiers notiert, von dem dann Verzweigungen abgehen, die das Thema in einzelne Bereiche gliedern. Die Gedanken können in einzelnen Worten, aber auch in zusammenhängenden Wörtern ausgedrückt werden. Normalerweise können von den ersten Verzweigungen weitere Verzweigungen abgehen, die vertiefende Gedanken zu den Bereichen aufgreifen (vgl. Kirckhoff 1992: 2ff).

Für die qualitative und quantitative Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Mindmap zur Erhebung der Vorstellungen eingesetzt (vgl. Anhang A6), die nicht über die erste Ebene hinausging. Da nicht bekannt war, inwiefern die Schüler bereits mit Mindmaps vertraut waren, sollten sie ihre Gedanken lediglich um das Hauptthema „Pinguin“ platzieren. Die Vorstellungen der Schüler durften in Form von einzelnen Wörtern, aber auch in ganzen Sätzen notiert werden. Um die Mindmap für die Schüler anschaulich zu gestalten und um ihre Vorstellungskraft anzuregen, wurde das zentrale Thema nicht als Wort in der Mitte des Papierbogens geschrieben, sondern als Bild eingefügt. Zudem befand sich in der Kopfzeile die Arbeitsanweisung: „Notiere in den Kästchen alles, was du über Mindmaps weißt!“

Insgesamt wurden für die empirische Untersuchung vor und nach dem Zoobesuch identische Mindmaps eingesetzt, um die Vergleichbarkeit zu wahren. Bei der Mindmap vor dem Zooprojekt handelte es sich um eine Pre-Mindmap und danach um eine Post-Mindmap. Wie bei den Fragebogen gaben die Schüler auch hier einen vierstelligen Code an (vgl. Kapitel 5.1.1).

Die Daten wurden jeweils eine Woche vor und nach dem Zoobesuch in den Biologieräumen der jeweiligen Klassen des Gymnasiums erhoben. Bei den Klassen der Oberschule wurden die Mindmaps aus organisatorischen Zeitgründen vor und nach der Durchführung des Zooprojekts im Zooschulraum ausgefüllt. Damit der Fragebogen der quantitativen Studie nicht die Vorstellungen der Schüler beeinflusste, wurde die Erhebung mithilfe der Mindmaps diesem vorangestellt. Zuvor erhielten die Schüler eine Einweisung in die Mindmaps. Außerdem wurde den Schülern im Voraus versichert, dass sie nicht in jedes Kästchen etwas schreiben müssen.

Das Datenmaterial der Mindmaps wurde abgetippt und die Vorstellungen der Schüler nach Schulen geordnet, um mögliche Unterschiede hervorheben zu können. Es wurde aufgrund der Datenmenge darauf verzichtet, die Vorstellungen für jeden Schüler einzeln aufzulisten. Grammatische Fehler wurden korrigiert, um eine bessere Lesbarkeit zu erzielen. Der individuelle Schreibstil der Schüler wurde allerdings nicht verändert.

Bei der quantitativen Studie wurden für die Analyse korrekte Vorstellungen der Schüler vor und nach dem Zoobesuch ausgezählt. Damit sollte numerisch untersucht werden, ob sich die Anzahl an Vorstellungen veränderte. Es wurde davon ausgegangen, dass pro Kästchen zwei Antworten notiert werden konnten und somit höchstens zwölf richtige Antworten möglich waren. Zudem sollten die Ergebnisse auf geschlechts- oder schulformspezifische Unterschiede untersucht werden.

Für die qualitative Studie waren die Vorstellungen der Schüler in Form von Konzepten, Metaphern oder Denkfiguren von Bedeutung. Damit diese analysiert werden konnten, wurde ähnlich wie bei der qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews vorgegangen. Nach der Dateneingabe in den Computer wurden die einzelnen Vorstellungen mit Zeilennummern versehen, um das Nachlesen von Beispielen zu erleichtern. Da das Datenmaterial bereits sehr umfangreich war (vgl. Anhang A7) und der Vergleich der Schulen nicht im Mittelpunkt der qualitativen Studie stand, wurden alle Vorstellungen vor dem Zoobesuch in einem Transkript (Pre-Mindmap) und alle Vorstellungen nach dem Zoobesuch in einem weiteren Transkript (Post-Mindmap) im Anhang A8 aufgeführt. Die Vorstellungen der Schüler des Gymnasiums und der Oberschule wurden lediglich durch eine Markierung voneinander getrennt. Es wurden immer zuerst die Vorstellungen der Gymnasialschüler aufgelistet, gefolgt von denen der Oberschüler. Für die Analyse der Daten wurden, wie für die Interviews, Kategorien erstellt, die dabei halfen, das Datenmaterial zu analysieren. Relevante Aussagen wurden dann den passenden Kategorien zugeordnet.

Die Anzahl der Probanden bei den Mindmaps entspricht denen der quantitativen Studie (140 Schüler).

## **6. Ergebnisse**

### **6.1 Ergebnisse der quantitativen Studie**

Die Ergebnisse der quantitativen Studie lassen sich in die drei Bereiche Interesse, Fachwissen und Mindmaps einteilen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt daher in drei Unterkapiteln, die sich jeweils mit diesen Bereichen befassen. Dabei wird jede Frage des Fragebogens aufgeführt und anschließend die Auswertung der Ergebnisse dargestellt. Zudem sollen Graphiken im Text sowie Tabellen im Anhang dabei helfen, die Ergebnisse zu veranschaulichen.

#### **6.1.1 Ergebnisse im Bereich Interesse**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse im Bereich *Interesse* dargestellt. Dabei steht im Vordergrund, ob sich das Interesse veränderte und sich in Abhängigkeit vom Geschlecht oder der besuchten Schulform unterschied.

Die Fragen, die den Schülern im Bereich *Interesse* gestellt wurden, waren ausschließlich Multiple-Choice Aufgaben. Diese wiesen weitestgehend die gleichen Antwortmöglichkeiten auf, die daher bereits in diesem Kapitel vorgestellt werden. So war eine fünffache Abstufung des Interesses möglich. Die Schüler konnten ‚sehr groß‘, ‚groß‘, ‚mittelmäßig‘, ‚gering‘ und ‚kein Interesse‘ angeben. Falls die angegebenen

Antwortkategorien einiger Fragestellungen hiervon abweichen, wird im Text gesondert darauf verwiesen.

### 6.1.1.1 Allgemeines Interesse

Die erste Frage, die den Schülern ausschließlich im Pre-Fragebogen gestellt wurde, lautete:

*Wie groß ist dein Interesse an Biologie?*

14 % der Schüler gaben ein ‚sehr großes‘ Interesse und 37 % ein ‚großes‘ Interesse an Biologie an. Des Weiteren schätzten 40 % ihr Interesse als ‚mittelmäßig‘ und 5 % ihres als ‚gering‘ ein. Lediglich 2 % der Schüler wiesen kein Interesse an Biologie auf. Ebenso viele Schüler machten bei dieser Frage keine Angaben (vgl. Tabelle 2.1 im Anhang A5).

Um den Unterschied zwischen den Geschlechtern und den Schulformen bei der Beantwortung dieser Frage zu ermitteln, wurde der p-Wert errechnet. Dieser beträgt beim erstgenannten 0,123 und beim zweiten 0,370.

Die zweite Frage wurde den Schülern sowohl im Pre- als auch im Post-Fragebogen gestellt und wird daher im Folgenden vergleichend ausgewertet. Die Frage lautete:

*Wie groß ist dein Interesse am Zoo allgemein?*

Der prozentuale Ausprägungsgrad des Interesses der Schüler vor und nach der Durchführung des Zooprojekts lässt sich in Abbildung 1 erkennen. Die genaue Anzahl der Schüler ist in Tabelle 2.2 im Anhang (A5) ersichtlich.

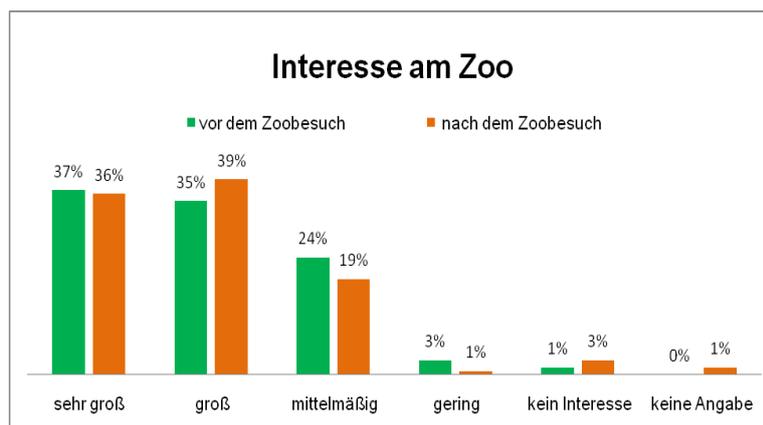


Abb. 1: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Zoo vor und nach dem Zoobesuch

Die Abbildung veranschaulicht, dass ein Großteil der Schüler ein ‚sehr großes‘ bis ‚mittelmäßiges‘ Interesse am Zoo hatte. Bei dem Vergleich der empirischen Daten fällt auf, dass der Anteil der Schüler mit ‚sehr großem‘ Interesse um 1 % auf 36 % gesunken

ist. Der Anteil der Schüler mit ‚großem‘ Interesse ist um 4 % gestiegen, auf insgesamt 39 %, der Anteil des ‚mittelmäßigen‘ Interesses ist dagegen um 5 % auf 19 % gesunken. Ein ‚geringes‘ Interesse gaben 3 % vor und 1 % nach dem Zoobesuch an, ‚kein Interesse‘ hingegen zunächst 1 % und nach dem Zoobesuch 3 %. 1% der Schüler machten hinterher keine Angaben. Der p-Wert, der für das Interesse vor und nach dem Zoobesuch errechnet wurde, beträgt 0,246. Ebenso wird diese Frage auch hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den Schulformen untersucht. Der p-Wert in Bezug auf die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen liegt vor dem Zoobesuch bei 0,217 und hinterher bei 0,262. Hinsichtlich der Schulformen beträgt der p-Wert vorher 0,254 und nach dem Zoobesuch 0,412.

Auch soll festgestellt werden, ob eine Korrelation zwischen dieser Frage im Pre-Fragebogen und der Frage nach dem Interesse an Biologie besteht (vgl. Tabelle 2.3 Anhang A5). Die Tabelle zeigt, dass 41 % der Schüler ein ‚sehr großes‘ und ‚großes‘ Interesse an Biologie und auch gleichzeitig ein ‚sehr großes‘ oder ‚großes‘ Interesse am Zoo aufwiesen. Dagegen hatten 4 % nur ein ‚geringes‘ oder sogar ‚kein Interesse‘ an Biologie, aber dennoch ein ‚großes‘ bzw. ‚sehr großes‘ Interesse am Zoo. Es kann außerdem festgestellt werden, dass nur 1 % der Schüler bei beiden Fragen ‚geringes‘ oder ‚kein Interesse‘ angaben. 1 % wies ein großes Interesse an Biologie, aber nur ein ‚geringes‘ Interesse am Zoo auf. Zusätzlich kann festgehalten werden, dass 26 %, die nur ein mittelmäßiges Interesse an Biologie, dennoch ein ‚sehr großes‘ bzw. ‚großes‘ Interesse am Zoo hatten.

Die dritte Frage im Bereich *Interesse* bezog sich direkt auf Pinguine und lautete im Pre- und im Post-Fragebogen:

*Wie groß ist dein Interesse an Pinguinen?*

In Abbildung 2 ist das Interesse der Schüler an Pinguinen vor und nach dem Zoobesuch dargestellt. Die genauen Schülerzahlen können in Tabelle 2.4 im Anhang (A5) eingesehen werden.

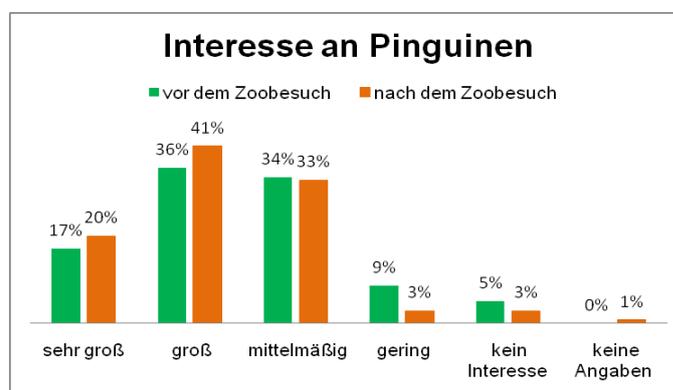


Abb. 2: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses an Pinguinen vor und nach dem Zoobesuch

In der Abbildung lässt sich erkennen, dass sowohl das ‚sehr große‘ Interesse als auch das ‚große‘ Interesse an Pinguinen nach dem Zoobesuch zugenommen hat. Der Schüleranteil stieg beim ‚sehr großem‘ Interesse von 17 % auf 20 % und beim ‚großen‘ Interesse sogar von 36 % auf 41 % an. Damit einhergehend gaben nach dem Zoobesuch 3 % (vorher: 9 %) der Schüler ‚geringes‘ und ebenso viele (vorher: 5 %) ‚kein‘ Interesse an Pinguinen an. Der Anteil der Schüler, die nach dem Zoobesuch ein ‚mittelmäßiges‘ Interesse an Pinguinen aufwiesen, sank um 1 % auf 33 %. Der p-Wert, der sich aus dem Interesse an Pinguinen vor und nach dem Zoobesuch berechnen lässt, beträgt 0,023. Daher scheint zusätzlich von Belang zu sein, wie sich das Interesse der Schüler an Pinguinen nach dem Zoobesuch in Abhängigkeit des Interesses vor dem Zoobesuch veränderte. Es zeigt sich, dass 44 % nach dem Zoobesuch ein genauso ‚großes‘ Interesse angaben wie vor dem Zoobesuch. Bei 33 % hat sich das Interesse sogar erhöht, bei 21 % sank es hingegen (vgl. Tabelle 2.5 Anhang A5).

Ebenso soll festgestellt werden, ob Mädchen und Jungen sowie Gymnasialschüler und Oberschüler unterschiedlich stark an Pinguinen interessiert sind. Der T-Test ergab hierfür vor dem Zoobesuch einen p-Wert von 0,093 und danach einen p-Wert von 0,288. Bei den Schulformen lag der p-Wert vorher bei 0,0004 und nach der Teilnahme am Zooprojekt bei 0,412.

Die hier dargestellte Frage soll darüber hinaus auf die Korrelation mit dem Fachwissen nach dem Zooprojekt überprüft werden. Dies wird in Kapitel 6.1.2.2 thematisiert.

Die vierte Frage des Fragebogens, die sowohl im Pre- als auch im Post-Fragebogen gestellt wurde, diente der Erhebung des Interesses der Schüler an dem Thema des Zooprojekts und lautete:

*Wie groß ist dein Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“?*

Abbildung 3 veranschaulicht die Verteilung der Antworten auf die vorgegebenen Antwortkategorien. Die genauen Schülerzahlen sind in Tabelle 2.6 im Anhang (A5) ersichtlich.

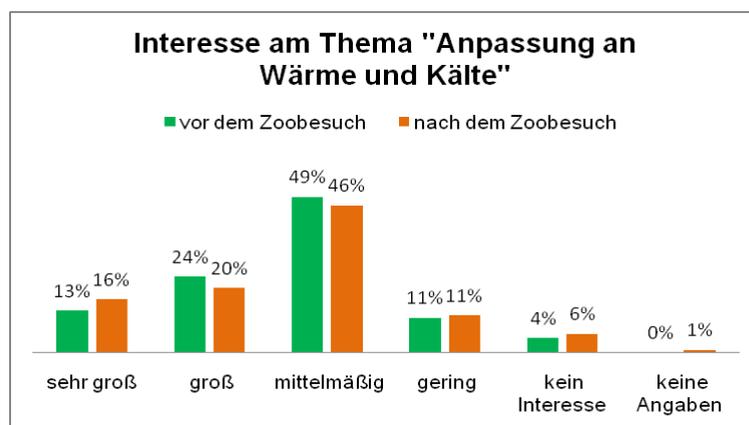


Abb. 3: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ vor und nach dem Zoobesuch

Offensichtlich ist zunächst, dass die meisten Schüler vor und nach dem Zoobesuch ‚mittelmäßiges‘ Interesse angaben, dessen Anteil allerdings um 3 % fiel. Auch das ‚große‘ Interesse sank um 4 % auf abschließend 20 %. Das ‚sehr große‘ Interesse stieg hingegen um 3 % auf 16 % und ‚kein Interesse‘ um 2 % auf 6 % an. Das ‚geringe‘ Interesse blieb mit 11 % gleich. 1 % der Schüler kreuzte im Post-Fragebogen keine Antwort an. Der p-Wert ergibt bei dieser Frage einen Wert von 0,339.

Ebenso ist von Bedeutung, ob eine Korrelation zwischen dem Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ und dem Fachwissen besteht. Dies wird in Kapitel 6.1.2.2 dargestellt.

Der p-Wert ergibt bei dieser Frage für den Unterschied zwischen den Geschlechtern vor dem Zoobesuch einen Wert von 0,060 und hinterher einen Wert von 0,369. Hinsichtlich des Unterschieds zwischen den Schulformen liegt der p-Wert bei 0,489 vor und bei 0,042 nach dem Zoobesuch.

Die nächste Frage, die ausschließlich im Pre-Fragebogen gestellt wurde und Aufschluss über das Vorwissen der Schüler zu dem Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ geben sollte, lautete:

*Hast du dieses Thema in der Schule schon einmal durchgenommen?*

Bei dieser Entscheidungsfrage konnten die Schüler ‚Ja‘ oder ‚Nein‘ ankreuzen. In der Tabelle 2.7 (vgl. Anhang A5) ist das Ergebnis dieser Frage dargestellt. Es zeigt sich, dass die Mehrzahl der Schüler das Thema zuvor nicht in der Schule behandelte. So kreuzten 64 % ‚Nein‘ und nur 34 % ‚Ja‘ an. 2 % machten hierzu keine Angaben. Zu den Schülern, die das Thema bereits behandelten, gehören sowohl Schüler der Oberschule (24 % der Oberschüler) als auch Schüler des Gymnasiums (39 % der Gymnasialschüler). Die Ergebnisse dieser Fragestellung sollen nun auf eine Korrelation mit der vorigen Frage überprüft werden, um herauszufinden, ob sich die vorherige Behandlung des Themas im Unterricht positiv oder negativ auf das Interesse der Schüler auswirkt (vgl. auch Tabelle 2.8 im Anhang A5).

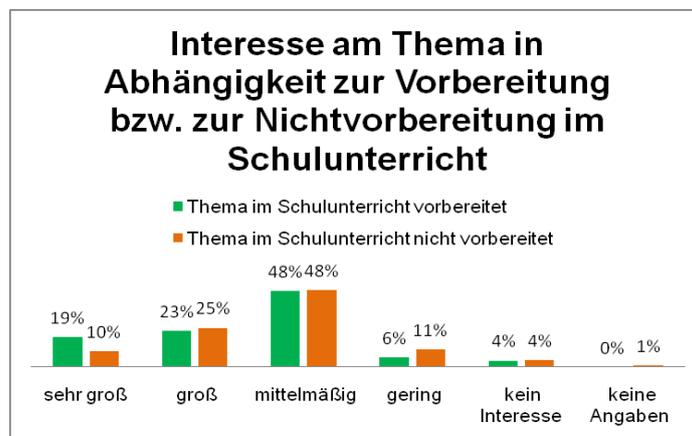


Abb. 4: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Thema in Abhängigkeit zur Vorbereitung im Unterricht

Ersichtlich sind besonders die Differenzen bei dem ‚sehr großen‘ und dem ‚geringen‘ Interesse. Schüler, die das Thema bereits im Unterricht behandelten, gaben nahezu doppelt so oft ein ‚sehr großes‘ Interesse an. Schüler, die nach eigener Aussage noch nie mit dem Thema in Berührung kamen, gaben hingegen fast doppelt so oft ein ‚geringeres‘ Interesse an. Die anderen Ausprägungsgrade des Interesses unterscheiden sich in ihren prozentualen Ausprägungen nicht oder nur sehr geringfügig. Der T-Test ergibt hierzu einen p-Wert von 0,102.

Die hier dargestellte Frage soll zudem auf eine Korrelation mit dem Fachwissen vor dem Zoobesuch untersucht werden. Dies geschieht in Kapitel 6.1.2.2.

### 6.1.1.2 Experimente und Tierbeobachtungen

Die sechste Frage des Fragebogens befasste sich mit dem Interesse der Schüler an zwei verschiedenen Tätigkeiten, die das Zooprojekt dominierten. Daher wurde die Frage sowohl im Pre- als auch im Post-Fragebogen gestellt und lautete:

*Wie groß ist dein Interesse an den folgenden Tätigkeiten?*

- *Experimentieren*
- *Tierbeobachtungen*

Bei dieser Frage standen den Schülern im Pre-Fragebogen sechs Antwortkategorien zur Verfügung, zu denen die fünf in Kapitel 6.1.1 genannten gehören. Allerdings konnten die Schüler zusätzlich auch ‚nie gemacht‘ ankreuzen. Diese Option entfiel im Post-Fragebogen wieder, da jeder Schüler diese Tätigkeiten im Zoo ausführte.

Abbildung 5 veranschaulicht das Interesse der Schüler am Experimentieren vor und nach dem Zoobesuch. Die Tabelle 2.9 im Anhang (A5) zeigt die genauen Schülerzahlen.



Abb. 5: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Experimentieren vor und nach dem Zoobesuch

Es ist offensichtlich, dass besonders das ‚sehr große‘ Interesse nach dem Zoobesuch um 17 % auf 36 % gefallen ist. Damit einhergehend stieg der Anteil der Schüler mit

„großem“ und „mittelmäßigem“ Interesse um 5 % auf 39 % bzw. um 10 % auf 19 % deutlich an. Das „geringe“ Interesse stieg ebenfalls um 3 % auf 4 % an und der Anteil der Schüler mit „keinem Interesse“ blieb bei 1 %. Darüber hinaus machten 1 % vor und 2 % nach dem Zoobesuch keine Angaben. Der p-Wert beträgt 0,001. Für den Unterschied zwischen den Geschlechtern liegt er vor dem Zoobesuch bei 0,132 und danach bei 0,451. Hinsichtlich des Unterschieds zwischen den Schulformen beträgt er davor 0,078 und nach dem Zoobesuch 0,184.

Aufgrund des p-Werts ist ebenfalls von Bedeutung, wie sich das Interesse am Experimentieren nach dem Zoobesuch in Abhängigkeit des Interesses vor dem Zoobesuch entwickelte. Dies ist in Tabelle 2.13 dargestellt, die zeigt, dass 46 % der Schüler vor und nach dem Zoobesuch den gleichen Ausprägungsgrad des Interesses angaben. Bei 15 % der Schüler erhöhte sich das Interesse und bei 37 % war es nach dem Zoobesuch geringer. Ausgenommen waren hierbei die drei Schüler, die vor dem Zoobesuch angaben, noch nie Experimente durchgeführt zu haben.

Abbildung 6 zeigt den prozentualen Anteil des Interesses vor und nach dem Zoobesuch an Tierbeobachtungen. Die genauen Schülerzahlen sind dazu in Tabelle 2.10 im Anhang (A5) zu finden.

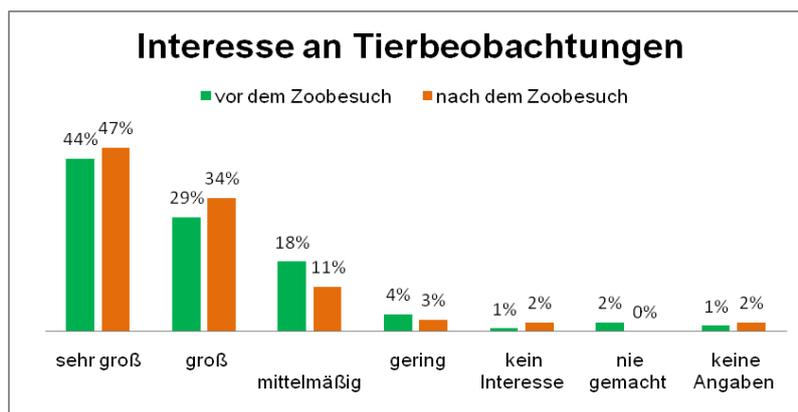


Abb. 6: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses an Tierbeobachtungen vor und nach dem Zoobesuch

Die Abbildung zeigt, dass das „sehr große“ und das „große“ Interesse an Tierbeobachtungen um 3 % bzw. 5 % nach dem Zoobesuch anstieg. So liegt der prozentuale Anteil des „sehr großen“ Interesses abschließend bei 47 % und des „großen“ Interesses bei 34 %. Demgegenüber nahm das „mittelmäßige“ und das „geringe“ Interesse ab. Letzteres fiel lediglich um 1 % auf 3 %, der Anteil des „mittelmäßigen“ Interesses allerdings um 7 % auf 11 %. Dennoch kann auch eine leichte prozentuale Zunahme (1 %) der Schüler mit „keinem Interesse“ und keinen Angaben beobachtet werden. Der ermittelte p-Wert liegt bei 0,096. Der p-Wert für den Unterschied zwischen den Geschlechtern liegt vor dem Zoobesuch bei 0,112 und nach dem Zoobesuch bei 0,021, der p-Wert für die Schulformen liegt vor dem Zoobesuch bei 0,015 und nach dem Zoobesuch bei 0,487.

Aus diesen Ergebnissen ergibt sich die Frage, welche der beiden Tätigkeiten die Schüler vor und nach dem Zoobesuch bevorzugten. Abbildung 7 veranschaulicht zunächst das Interesse der Schüler vor dem Zoobesuch an diesen beiden Tätigkeiten.



Abb. 7: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Experimentieren und an Tierbeobachtungen vor dem Zoobesuch

Im Pre-Fragebogen kreuzten die Schüler deutlich häufiger ‚sehr großes‘ und ‚großes‘ Interesse am Experimentieren an. ‚Mittelmäßiges‘ und ‚geringes‘ Interesse gaben die Schüler hingegen wesentlich häufiger bei den Tierbeobachtungen an. Beim dem Ausprägungsgrad ‚kein Interesse‘ sowie bei ‚nie gemacht‘ bestand kein Unterschied zwischen den beiden Tätigkeiten. 1 % der Schüler machten keine Angaben. Der ermittelte p-Wert liegt bei 0,008.

Das Ankreuzverhalten der Schüler nach dem Zoobesuch ist in Abbildung 8 dargestellt.

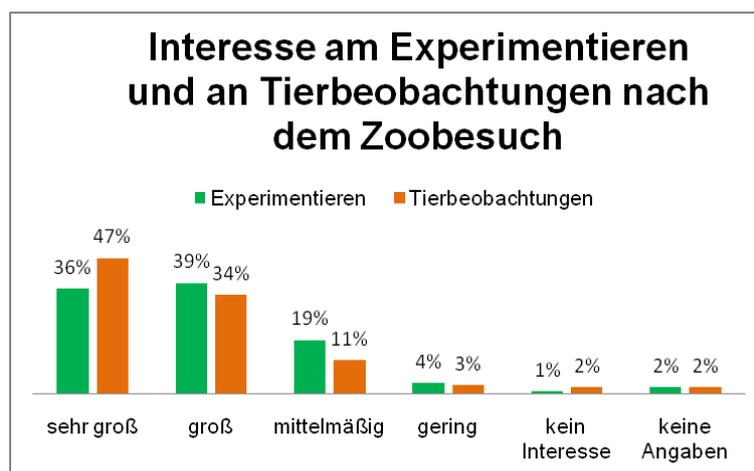


Abb. 8: Vergleich des Ausprägungsgrads des Interesses am Experimentieren und an Tierbeobachtungen nach dem Zoobesuch

Es wird deutlich, dass sich das Interesse der Schüler veränderte. So wurde nach dem Zoobesuch bei dem ‚sehr großen‘ Interesse die Tierbeobachtungen deutlich häufiger

angegeben. Beim ‚großen‘ und ‚mittelmäßigem‘ Interesse überwog hingegen das Experimentieren. Beim ‚geringen‘ und ‚kein Interesse‘ unterschieden sich die beiden Tätigkeiten nur sehr geringfügig. Keine Angaben zu dieser Frage machten jeweils 2 % der Schüler. Der ermittelte p-Wert liegt bei 0,05.

Die nächste Frage tauchte lediglich im Post-Fragebogen auf. Sie sollte darüber Aufschluss geben, wie hilfreich die Schüler die Experimente und die Tierbeobachtungen für das Verständnis des Themas empfanden. Die Frage lautete:

*Waren die Experimente und die Tierbeobachtungen hilfreich für das Verständnis des Themas „Anpassung an Wärme und Kälte“?*

Den Schülern standen bei dieser Frage jeweils für die Experimente und die Tierbeobachtungen die drei Antwortmöglichkeiten ‚sehr hilfreich‘, ‚hilfreich‘ und ‚nicht hilfreich‘ zur Verfügung. Der prozentuale Anteil sowie die genauen Schülerzahlen sind in Tabelle 2.14 dargestellt.

37 % der Schüler sahen die Experimente als ‚sehr hilfreich‘ an, bei den Tierbeobachtungen gaben dies nur 29 % an. Des Weiteren empfanden 54 % die Experimente und 48 % die Tierbeobachtungen als ‚hilfreich‘ für das Verständnis des Themas. Nur 4 % bzw. 11 % gaben an, dass die Experimente und die Tierbeobachtungen ‚nicht hilfreich‘ für die Erarbeitung des Themas waren. Bei dieser Frage gab es zudem noch einen großen Prozentsatz von Schülern, die keine Angaben machten. Dieser lag bei den Experimenten bei 4 % und bei den Tierbeobachtungen bei 12 %. Der p-Wert für diese Frage liegt bei 0,0003.

Ausgehend von diesen Ergebnissen soll überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Interesse am Experimentieren und den Tierbeobachtungen nach dem Zoobesuch und der Angabe bei dieser Frage besteht. Dies ist in Tabelle 2.15 und 2.16 im Anhang (A5) dargestellt.

Die Tabelle 2.15 zeigt, dass die Schüler mit ‚sehr großem‘ und ‚großem‘ Interesse die Experimente als ‚sehr hilfreich‘ und ‚hilfreich‘ für das Thema empfanden. Dies galt auch für Schüler mit ‚mittelmäßigem‘ Interesse. Es kann kein Zusammenhang zwischen Schülern, die nur ‚geringes‘ und ‚kein Interesse‘ hatten und die Experimente für ‚nicht hilfreich‘ empfanden aufgezeigt werden, da nur wenige Schüler ‚geringes‘ Interesse am Experimentieren angaben.

In Tabelle 2.16 zeigt sich in Teilen ein ähnliches Bild. Die Schüler mit ‚sehr großem‘ und ‚großem Interesse‘ empfanden die Tierbeobachtung als ‚sehr hilfreich‘ bzw. ‚hilfreich‘ für das Verständnis des Themas. Allerdings gaben auch Schüler mit ‚mittelmäßigem‘ bis ‚keinem Interesse‘ an, dass sie die Tierbeobachtungen als ‚nicht hilfreich‘ für das Thema ansahen.

Eine weitere Frage, die sowohl im Pre- als auch im Post-Fragebogen gestellt wurde, lautete:

*Welche der folgenden Begriffe gehören für dich zum Experimentieren?*

Diese Frage wurde im Bereich *Interesse* und nicht im Bereich *Fachwissen* aufgegriffen, da im Interessenteil den Schülern eine bzw. zwei weitere Fragen zum Experimentieren gestellt wurden und die Frage somit diesen Fragenblock vervollständigte. Den Schülern standen bei dieser Frage neun Antwortkategorien zur Verfügung. Hierzu zählten ‚Hypothesenbildung‘, ‚Richtigstellung‘, ‚Auswertung‘, ‚Durchführung‘, ‚Ergebnisse‘, ‚Schlussfolgerung‘, ‚Fragestellung‘, ‚Verarbeitung‘ und ‚Anwendung‘. Da die Schüler bei dieser Frage mehrere Antworten ankreuzen konnten, übersteigen die Ergebnisse die 100%-Marke. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 und in der Tabelle 2.17 im Anhang (A5) dargestellt.

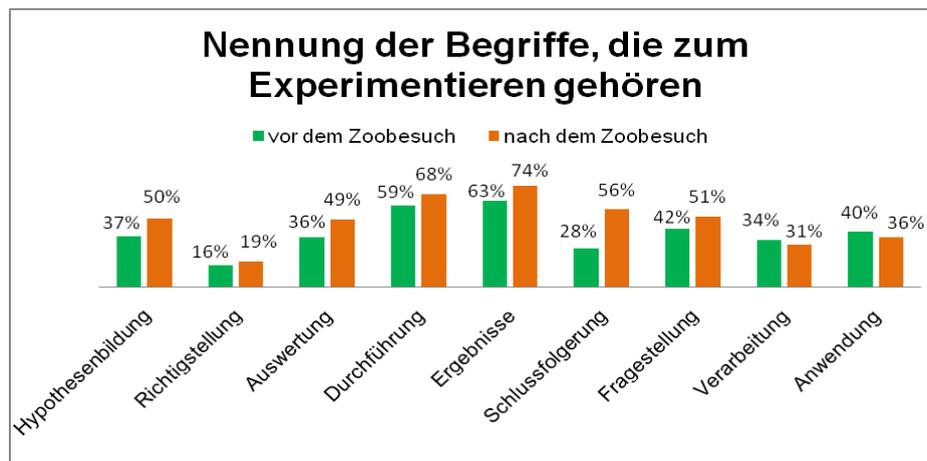


Abb. 9: Vergleich der Anzahl der Nennungen vor und nach dem Zoobesuch

Es ist erkennbar, dass mit Ausnahme der Verarbeitung und der Anwendung alle anderen Antwortkategorien nach dem Zoobesuch häufiger von den Schülern angegeben wurden. So verdoppelte sich die Nennung der Kategorie ‚Schlussfolgerung‘ und lag abschließend bei 56 %. Ebenso wurden auch die ‚Hypothesenbildung‘ und die ‚Auswertung‘ wesentlich häufiger genannt. Beide Angaben stiegen um 13 %, sodass nach dem Zoobesuch rund die Hälfte der Schüler diese Antwort wählte. Ebenfalls wurden die ‚Ergebnisse‘ wesentlich häufiger angegeben und stiegen um 11 % auf 74 %. Außerdem ist auch der Anteil der ‚Durchführung‘ und der ‚Fragestellung‘ um 9 % gestiegen. Nach dem Zoobesuch gaben 68 % die ‚Durchführung‘ und 51 % die ‚Fragestellung‘ als Begriffe des Experimentierens an. Als einzige falsche Antwort wurde auch die ‚Richtigstellung‘ nach dem Zoobesuch häufiger genannt, allerdings stiegen die Nennungen mit 3 % im Vergleich zu den anderen am geringsten. Abschließend nannten somit 19 % der Schüler die ‚Richtigstellung‘. Die beiden oben erwähnten Antwortkategorien ‚Verarbeitung‘ und ‚Anwendung‘ waren ebenfalls nicht korrekt und wurden nur noch von 31 % bzw. 36 % der Schüler im Post-Fragebogen angegeben. Die Angaben fielen demnach um 3 % bzw. 4 %.

Es kann festgehalten werden, dass die Schüler im Durchschnitt im Pre-Fragebogen 1,8 richtige Antworten und im Post-Fragebogen 2,7 richtige Antworten angaben. Der p-

Wert lag hier bei  $9,877 \cdot 10^{-09}$ . Bei den Geschlechtern beträgt der p-Wert vor dem Zoobesuch 0,246 und danach 0,293. Bei den Schulformen wurden ein p-Wert von 0,188 vor und ein p-Wert von 0,0001 nach dem Zoobesuch errechnet.

### **6.1.1.3 Erfahrungen aus dem Zooprojekt**

Im Post-Fragebogen wurden den Schülern noch zwei weitere Fragen gestellt, die sich auf ihre Erfahrungen, die sie während der Durchführung des Projekts im Zoo machten, bezogen. Dabei sollte Kenntnis darüber gewonnen werden, was den Schülern besonders beim Besuch dieses außerschulischen Lernorts gefiel und ob sie ihn weiterempfehlen würden. Die erste Frage hieß im Wortlaut:

*Was hat dir im Zoo besonders gut gefallen?*

Bei dieser offenen Frage hatten die Schüler keine Antwortmöglichkeiten, sondern konnten freie Antworten formulieren. Ebenso war ihnen auch die Anzahl dieser überlassen. Aufgrund vieler Mehrfachnennungen ergeben sich mehr als 100%. Die gegebenen Antworten wurden in Kategorien zusammengefasst und ihre Häufigkeit numerisch erfasst.

Am häufigsten wurden einzelne Tierarten benannt, so gaben rund 29 % ein konkretes Tier an, welches ihnen am besten gefiel. Hinzu kommt, dass 20 % allgemein ‚Tiere‘ angaben. Darüber hinaus wurde der Pinguin von 16 % der Schüler sowie die Experimente (14 %), die Tierbeobachtungen (11 %), die Beobachtungsaufgaben am Gehege (5 %) und die Möglichkeit etwas zu lernen (4 %) genannt. Dies ist besonders im Hinblick auf das Zooprojekt von Bedeutung. Weitere Kategorien, die keinen Bezug zum Zooprojekt aufwiesen, werden hier vernachlässigt. Ihr Anteil sowie die Anzahl der Nennungen können im Anhang (A5) in Tabelle 2.18 eingesehen werden.

Die zweite Frage, die den Schülern in diesem Zusammenhang im Post-Fragebogen gestellt wurde, lautete:

*Würdest du deinen Freunden einen Besuch im Zoo empfehlen?*

Bei dieser Entscheidungsfrage standen den Schülern die zwei Antwortkategorien ‚Ja‘ und ‚Nein‘ zur Verfügung. Sofern die Schüler ‚Nein‘ ankreuzten, sollten sie hierfür ein oder mehrere Gründe angeben.

Die Ergebnisse zeigten, dass 89 % der Schüler ihren Freunden den Zoo weiterempfehlen würden. Nur ein geringer Anteil der Schüler (6 %) würde keine Weiterempfehlung aussprechen. Die Schüler gaben hierfür als Gründe u.a. die geringe Größe, viele Besuche zuvor und Desinteresse der Freunde am Zoo an. Zusätzlich wurde der Zoo auch als langweilig titulierte.

## 6.1.2 Ergebnisse im Bereich Fachwissen

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse im Bereich *Fachwissen* dargestellt. Die Fragen des Pre- und Postfragebogens bezogen sich dabei auf den Pinguin und waren mit der Überschrift „Wie gut kennst du dich mit Pinguinen aus?“ überschrieben. Es sollte mithilfe dieses Bereichs überprüft werden, ob sich das Fachwissen der Schüler erhöhte, ob dieses vom Geschlecht oder der Schulform abhing und ob Korrelationen zwischen dem Interesse und Fachwissen bestanden.

### 6.1.2.1 Fachwissen Pinguine

Im Pre- und im Post-Fragebogen wurden den Schülern in diesem Bereich die gleichen Fragen gestellt. Daher werden sie hier vergleichend dargestellt. Abweichungen werden im Text erwähnt.

Die erste Frage, die den Schülern im Bereich des Fachwissens gestellt wurde, lautete:

*Zu welcher Klasse gehört der Pinguin?*

Den Schülern standen hierbei als Antwortmöglichkeiten die fünf Klassen der Wirbeltiere (‚Säugetiere‘, ‚Vögel‘, ‚Reptilien‘, ‚Amphibien‘ und ‚Fische‘) zum Ankreuzen zur Verfügung.

Vor dem Zoobesuch kreuzten 80 % der Schüler die richtige Antwort ‚Vögel‘ an. Dieser Prozentsatz erhöhte sich demgegenüber nach dem Zoobesuch noch um 5 % auf 85 %. 13 % kreuzten hingegen im Pre-Fragebogen ‚Säugetiere‘ an. Immerhin 8 % waren auch nach dem Zooprojekt noch dieser Ansicht. Die übrigen Antwortmöglichkeiten wurden nur sehr selten angegeben und sind daher zu vernachlässigen. Die genaue Anzahl und deren Anteil an der Grundgesamtheit lassen sich in Tabelle 3.1 im Anhang (A5) nachlesen. Der p-Wert beträgt 0,132.

Die zweite Frage des Fragebogens sollte ermitteln, inwiefern die Schüler den Lebensraum der Pinguine kennen. Die Frage hierzu lautete:

*Wo leben Pinguine?*

Bei dieser Frage waren mehrere Kreuze möglich. Den Schülern standen dabei die fünf Antwortmöglichkeiten: ‚am Äquator‘, ‚am Südpol‘, ‚am Nordpol‘, ‚auf der gesamten Südhalbkugel‘ und ‚auf der gesamten Nordhalbkugel‘ zur Verfügung. Abbildung 10 und Tabelle 3.2 (vgl. Anhang A5) veranschaulichen das Antwortverhalten der Schüler bei dieser Frage.

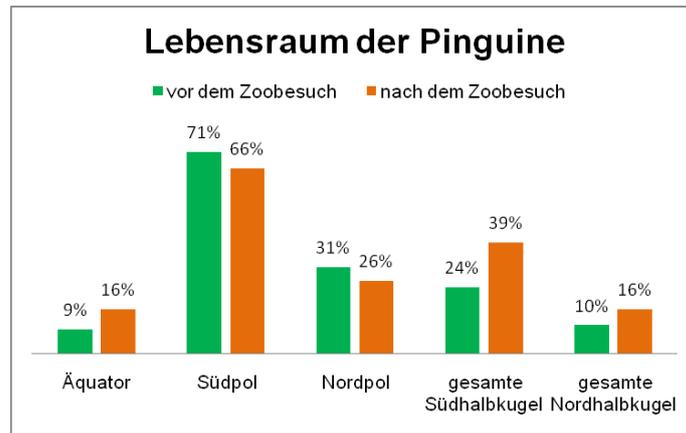


Abb. 10: Vergleich der Antworten zum Lebensraum der Pinguine vor und nach dem Zoobesuch

Es wird deutlich, dass die meisten Schüler vor und nach dem Zoobesuch der Meinung waren, dass Pinguine ‚am Südpol‘ vorkommen. Allerdings ist der Anteil der Schüler, die diese richtige Antwort angekreuzt haben um 5 % auf 66 % nach dem Zoobesuch gefallen. Die beiden weiteren richtigen Antworten ‚Äquator‘ und ‚gesamte Südhalbkugel‘ wurden nach dem Zoobesuch hingegen häufiger genannt. So stieg die Nennung des ‚Äquators‘ um 7 % auf 16 % und die der ‚gesamten Südhalbkugel‘ am deutlichsten um 15 % auf abschließend 39 % an. Dennoch verzeichnete auch die falsche Antwort ‚gesamte Nordhalbkugel‘, einen Zuwachs von 6 % auf 16 %. Die ebenfalls falsche Antwort ‚Nordpol‘ wurde nach dem Zoobesuch deutlich weniger genannt und fiel um 5 % auf 26 %. Aufgrund der Mehrfachnennungen werden die 100 % überstiegen. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Schüler vor dem Zoobesuch im Mittel 1,0 und danach im Mittel 1,2 richtige Antworten gaben. Der p-Wert ergab hierfür einen Wert von 0,080.

Bei der dritten Frage des Fragebogens sollten Pinguine mit Vögeln verglichen werden. Die Frage lautete:

*Was können Pinguine im Gegensatz zu vielen anderen Vögeln nicht?*

Für die Beantwortung dieser offenen Frage konnten die Schüler Wörter oder ganze Sätze notieren. Am häufigsten gaben sie die drei Antworten ‚Fliegen‘, ‚Schwimmen‘ und ‚Tauchen‘ an. Vor dem Zoobesuch notierten 76 % ‚Fliegen‘, danach waren es nur noch 69 % der Schüler. Die Antwort ‚Schwimmen‘ wurde davor von 11 % aufgeschrieben und stieg nach dem Zoobesuch um 3 % auf 14 % an. Auch bei der Antwort ‚Tauchen‘ konnte nach dem Zoobesuch ein Zuwachs von 2 % auf 8 % beobachtet werden. Sonstige Angaben wurden nur von wenigen Schülern gemacht. Allerdings gaben im Pre-Fragebogen 6 % und im Post-Fragebogen 11 % keine Antwort bei dieser Frage an. Da auch hier Mehrfachnennungen möglich waren, werden die 100 % überschritten (vgl. Tabelle 3.3 im Anhang A5). Der T-Test ergab einen p-Wert von 0,031.

Die vierte Frage des Fragebogens galt der Erhebung der Besonderheiten der Knochen von Pinguinen und lautete:

*Welche Besonderheit haben die Knochen der Pinguine und die Knochen vieler anderer Vögel? Sie sind...*

Die Schüler sollten bei dieser Fragestellung je ein Kreuz für Pinguine und für andere Vögel setzen. Hierzu standen ihnen jeweils die drei Antwortmöglichkeiten ‚hohl‘, ‚nicht hohl‘ und ‚ohne Besonderheit‘ zur Verfügung. In Abbildungen 11 und 12 sind die Antworten der Schüler auf diese Frage dargestellt. Im Anhang A5 gibt die Tabelle 3.4 darüber Auskunft.

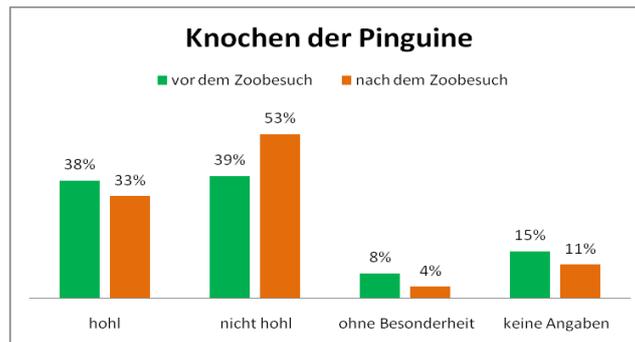


Abb. 11: Vergleich der Antworten zu den Knochen der Pinguine vor und nach dem Zoobesuch

Es zeigt sich, dass nach dem Zoobesuch wesentlich mehr Schüler die richtige Antwort ‚nicht hohl‘ angaben. So stieg der prozentuale Anteil um 14 % auf 53 % an. Die beiden weiteren Antwortmöglichkeiten ‚hohl‘ und ‚ohne Besonderheit‘ wurden um 5 % bzw. 4 % weniger angekreuzt. So lag der prozentuale Anteil der Antwortmöglichkeit ‚hohl‘ abschließend bei 33 % und der der Antwortmöglichkeit ‚ohne Besonderheit‘ bei 4 %. Vor dem Zoobesuch machten 4 % und danach 11 % keine Angaben. Der T-Test ergab einen p-Wert von 0,013.

Die Abbildung 12 veranschaulicht das Ankreuzverhalten der Schüler bei anderen Vögeln.

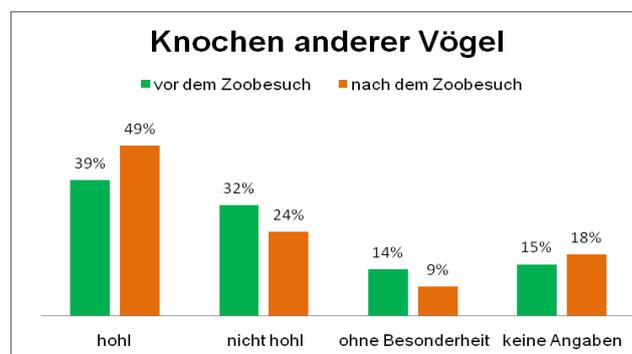


Abb. 12: Vergleich der Antworten zu den Knochen anderer Vögel vor und nach dem Zoobesuch

Auch hier zeigt sich, dass nach dem Zoobesuch mehr Schüler die richtige Antwort wählten. So stieg der prozentuale Anteil der Antwortmöglichkeit ‚hohl‘ um 10 % auf 49 % an. Damit einhergehend nahm der Anteil der beiden anderen Antwortmöglichkeiten ab. So gaben nach dem Zoobesuch nur noch 24 % der Schüler ‚nicht hohl‘ und 9 % der Schüler ‚ohne Besonderheit‘ an, zuvor waren es noch 32 % bzw. 14 %. Der T-Test ergibt einen p-Wert von 0,035.

In der fünften Frage sollte erhoben werden, ob die Schüler wissen, womit Pinguine sich antreiben. Die Frage hierzu lautete:

*Mit welchen Körperteilen treiben sich Pinguine im Wasser an?*

Zu den Antwortmöglichkeiten bei dieser Frage zählten ‚Flügel‘, ‚Schwanz‘ und ‚Füße‘. Bereits 43 % der Schüler gaben vor dem Zooprojekt mit ‚Flügeln‘ die richtige Antwort an. Dies stieg nach dem Zooprojekt noch um 15 % auf 58 % an. Die Angaben bei der Antwort ‚Schwanz‘ fiel um 1 % auf 6 % und die Antwortmöglichkeit ‚Füße‘ ging deutlich um 13 % auf 46 % zurück. Da einige Schüler bei dieser Frage mehr als eine Antwort ankreuzten, werden die 100 % überschritten. Die genauen Angaben über die Schülerzahlen lassen sich der Tabelle 3.5 im Anhang entnehmen. Der p-Wert ergab einen Wert von 0,007.

Die nächste Frage beschäftigte sich mit dem Gefieder der Pinguine und lautete:

*Welchen Vorteil hat die besondere Farbe des Gefieders bei den Pinguinen?*

Als Antwortmöglichkeiten konnten die Schüler ‚gute Tarnung‘, ‚Anpassung an Wärme und Kälte‘ sowie ‚kein Vorteil‘ ankreuzen. Besonders auffällig ist, dass mit 29 % nur eine sehr geringe Schüleranzahl bereits vor dem Zoobesuch die richtige Antwort ‚gute Tarnung‘ angaben. Dieser Anteil stieg dann allerdings nach dem Zoobesuch deutlich um 43 % auf 72 % an. Demgegenüber sank der prozentuale Anteil der Antwort ‚Anpassung an Wärme und Kälte‘, die die meisten Schüler vor dem Zoobesuch noch angaben (63 %) auf 27 %. Kreuzten vor dem Zooprojekt noch 7 % ‚kein Vorteil‘ an, gaben dies nach dem Zooprojekt nur noch 1 % an. Zudem machten vor der Durchführung 1 % der Schüler keine Angaben. Da einige Schüler bei dieser Frage mehrere Antworten angaben, werden die 100 % überschritten. Die genauen Schülerzahlen zu den Prozentangaben können in der Tabelle 3.6 im Anhang (A5) nachgelesen werden. Der T-Test ergab einen p-Wert von  $1,486 \cdot 10^{-11}$ .

Eine weitere offene Frage, die den Schülern im Fragebogen gestellt wurde, zielte auf den Schutz der Tiere vor Kälte ab. Die Frage unterschied sich im Wortlaut im Pre- und Post-Fragebogen geringfügig und lautete:

*Wodurch schützen sich Tiere/ Pinguine vor der Kälte?*

Die selbstformulierten Antworten der Schüler wurden in Kategorien zusammengefasst und in Abbildung 13 dargestellt. Die genaue Schüleranzahl lässt sich in Tabelle 3.7 im Anhang A5 nachlesen.

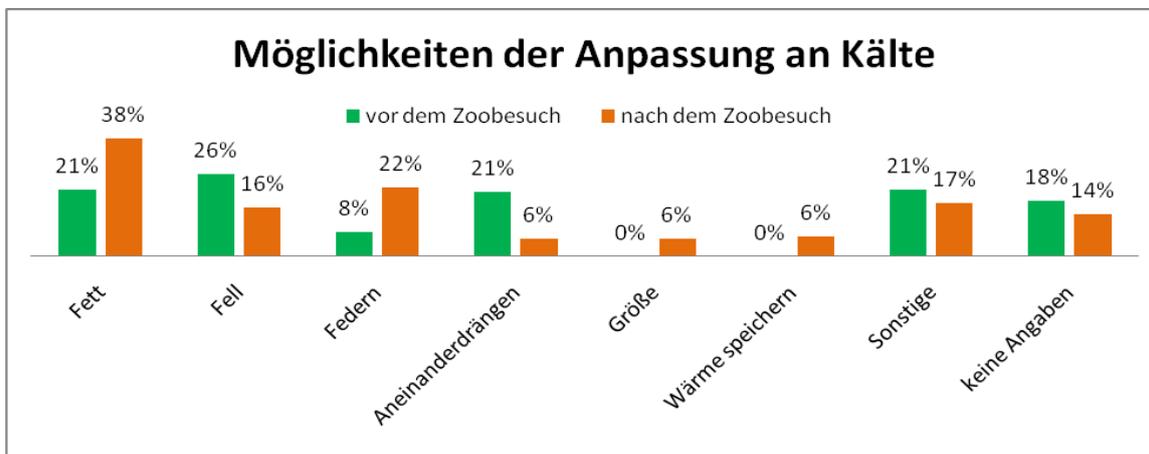


Abb. 13: Vergleich der Antworten der Schüler zum Thema Anpassung an Kälte vor und nach dem Zoobesuch

Es zeigt sich, dass sich das Antwortverhalten der Schüler vor und nach dem Zoobesuch veränderte. Vor dem Zoobesuch wurden am häufigsten das ‚Fett‘ (21 %), das ‚Fell‘ (26 %) und das ‚Aneinanderdrängen‘ (21 %) genannt. Darüber hinaus gaben die Schüler weitere Antworten an, die allerdings so selten genannt wurden, dass sie unter ‚Sonstige‘ zusammengefasst wurden.

Nach dem Zoobesuch konnte ein prozentualer Anstieg der Antwort ‚Fett‘ um 17 % auf 38 % beobachtet werden. Des Weiteren nannten wesentlich mehr Schüler die ‚Federn‘. So stieg der Anteil fast um das Dreifache auf 22 % an. Demgegenüber sank der Anteil der Antwort ‚Fell‘ um 10 % und lag nach dem Zoobesuch nur noch bei 16 %. Ebenso nahm die Häufigkeit der Antwort ‚Aneinanderdrängen‘ stark ab und betrug nur noch 6 %. Dennoch gaben die Schüler nach dem Zoobesuch außerdem zwei Antworten häufig an, die im Pre-Fragebogen noch nicht auftraten. Hierzu zählten die ‚Größe‘ (6 %) und ‚Wärme speichern‘ (6 %). Auch die ‚sonstigen‘ Antworten fielen auf 17 %. Aufgrund der Mehrfachnennung durch die Schüler, werden die 100 % überschritten. Der T-Test ergab einen p-Wert von 0,011.

Die letzte Frage ähnelte der vorigen Frage und unterschied sich ebenfalls im Pre- und Post-Fragebogen leicht. Die Frage lautete:

*Wodurch schützen sich Tiere/ Pinguine vor zu großer Wärme?*

Auch hier konnten die Schüler auf die offene Frage freie Antworten geben. Die Häufigkeit der gegebenen Antworten wurde in Kategorien zusammengefasst und in Abbildung 14 dargestellt. Die genauen Schülerzahlen lassen sich in Tabelle 3.8 im Anhang (A5) nachlesen.

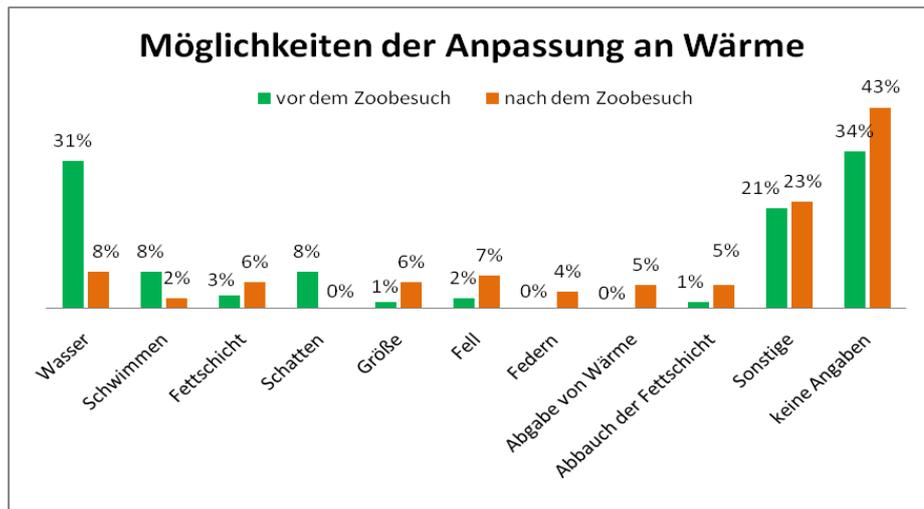


Abb. 14: Vergleich der Antworten der Schüler zum Thema Anpassung an Wärme vor und nach dem Zooprojekt

Es zeigt sich, dass sich das Antwortverhalten der Schüler vor und nach dem Zoobesuch stark unterschied und breit gefächert war. Vor dem Zoobesuch gaben die meisten Schüler als möglichen Schutz vor Wärme ‚Wasser‘ (31 %) an. Ebenso nannten sie auch das ‚Schwimmen‘, den ‚Schatten‘ (jeweils 8 %) und die ‚Fettschicht‘ (3 %). Nach dem Zoobesuch wurde das ‚Wasser‘ nur noch von 8 % der Schüler, ‚Schwimmen‘ von 2 % und der ‚Schatten‘ von keinem Schüler genannt. Nur die ‚Fettschicht‘ erfuhr einen Zuwachs und lag bei 6 %. Des Weiteren gaben die Schüler die ‚Größe‘ (6 %), das ‚Fell‘ (7 %), die ‚Federn‘ (4 %), die ‚Abgabe von Wärme‘ (5 %) und den ‚Abbau der Fettschicht‘ (5 %) häufig an. Viele Antworten der Schüler im Pre- und Postfragebogen waren so selten, dass sie unter die Kategorie ‚Sonstige‘ fallen. Außerdem zeigt die Abbildung 14 deutlich, dass 34 % der Schüler vor dem Zoobesuch und sogar 43 % nach dem Zoobesuch keine Antwort auf die Frage angaben. Aufgrund der möglichen Mehrfachnennungen wurden die 100 % überschritten. Der T-Test ergab bei dieser Frage einen p-Wert von 0,265.

### 6.1.2.2 Gesamtpunktzahl Fachwissen

Abschließend soll überprüft werden, ob sich das Fachwissen der Schüler durch das Zooprojekt signifikant erhöht hat. Hierzu werden die erreichten Gesamtpunktzahlen des Pre- und Post-Fragebogens verglichen. Die maximale Punktzahl liegt bei jeweils 15. Im Pre-Fragebogen erreichten die Schüler im Mittel einen Wert von 4,9 und im Post-Fragebogen im Mittel einen Wert von 6,1. Der T-Test ergab einen p-Wert von 0,018.

Des Weiteren soll mittels des T-Tests errechnet werden, ob sich beim Fachwissen ein Unterschied zwischen den Geschlechtern und den Schulformen zeigt. Der p-Wert für den Geschlechterunterschied liegt vor der Durchführung des Zooprojekts bei 0,428,

danach bei 0,460. Hinsichtlich der Schulformen ergab sich davor ein p-Wert von 0,335 und nach dem Zoobesuch von 0,335.

Darüber hinaus soll festgestellt werden, ob Schüler, die vor dem Zoobesuch ein ‚sehr großes‘ und ‚großes‘ Interesse an Pinguinen aufwiesen, auch nach dem Zoobesuch ein höheres Fachwissen haben gegenüber den Schülern, die nur ein ‚geringes‘ oder ‚kein Interesse‘ an Pinguinen vor dem Zoobesuch hatten. Der T-Test ergab hierzu einen p-Wert von 0,282. Ebenso soll überprüft werden, ob Schüler mit einem ‚sehr großen‘ und ‚großen‘ Interesse am Thema des Zooprojekts auch nach diesem ein höheres Fachwissen aufweisen als Schüler, die zuvor nur ein ‚geringes‘ oder ‚kein Interesse‘ angaben. Der p-Wert beträgt 0,367.

Zudem soll errechnet werden, ob Schüler, die das Thema bereits im Unterricht vorbereitet hatten, auch vor dem Zoobesuch ein höheres Fachwissen aufwiesen als Schüler, die nicht auf das Zooprojekt vorbereitet wurden. Der T-Test ergab hierzu einen p-Wert von 0,408. Zum Schluss soll festgestellt werden, ob Schüler, die dem Thema noch nicht in Berührung gekommen waren, nach dem Zoobesuch einen größeren Lernzuwachs aufweisen als Schüler, die das Thema bereits behandelt hatten. Der T-Test ergab hierzu einen p-Wert von 0,461.

### **6.1.3 Ergebnisse der Mindmaps**

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Mindmaps dargestellt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der numerischen Veränderung der Anzahl der Vorstellungen der Schüler über den Pinguin. Die tabellarische Darstellung der Anzahl der Vorstellungen jedes Schülers vor und nach dem Zoobesuch ist im Anhang (A7) einzusehen.

Es zeigt sich zunächst, dass die Schüler vor dem Zooprojekt im Durchschnitt 4,1 richtige Vorstellungen (34 % der möglichen Gesamtpunktzahl von 12) angaben. Nach dem Zooprojekt erhöhte sich die Zahl auf 4,3 richtige Antworten (36 % der möglichen Gesamtpunktzahl von 12). Der p-Wert, der durch den T-Test errechnet wurde, beträgt 0,105. Zudem ist von Bedeutung, ob sich ein Unterschied in Abhängigkeit zum Geschlecht oder der besuchten Schulform zeigt. Hinsichtlich des Unterschieds zwischen Jungen und Mädchen ergab sich vor dem Zoobesuch ein p-Wert von 0,207 und danach von  $1,542 \cdot 10^{-06}$ . Im Bezug auf den Unterschied zwischen den Schulformen beträgt der p-Wert vorher 0,416 und nach dem Zoobesuch 0,094.

## **6.2 Ergebnisse der qualitativen Studie**

In dem folgenden Unterkapitel werden die Ergebnisse der qualitativen Studie vorgestellt. Diese gliedern sich in zwei Unterpunkte: in die der Interviews und die der Mindmaps.

## 6.2.1 Ergebnisse der Interviews

Die Ergebnisse der Interviews werden in Bezug auf die drei formulierten Hypothesen (vgl. Kapitel 4.2) präsentiert. Die Vorstellungen der Schüler zum Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ werden nicht für jeden Schüler im Detail beschrieben, sondern einer Gesamtbetrachtung unterzogen und mit Ankerbeispielen aus den Transkripten belegt. Die beispielhaften Aussagen der Schüler wurden wortgetreu übernommen und mit Transkript- und Zeilennummern gekennzeichnet. Die transkribierten Interviews können im Anhang (A10) eingesehen werden. Sie werden bezüglich der Konzepte, Metaphern und Denkfiguren untersucht, die dann hinsichtlich der Kategorien ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘, ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ und ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ (vgl. Kategorienbeschreibung Anhang A11) beschrieben werden.

*Hypothese 1: Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten durch das Zooprojekt zunimmt.*

Konzepte werden sprachlich u. a. als Behauptungen oder Aussagen ausgedrückt. Es sind komplexere Vorstellungen, wobei mindestens zwei Begriffe miteinander verknüpft sind (vgl. Kapitel 2.2.3.1).

Anhand der Interviews vor und nach dem Zoobesuch war ersichtlich, dass Schüler zwar teilweise Konzepte nutzten, um einen Sachverhalt plausibel zu erklären, dies jedoch nicht zu jedem Themengebiet konnten. Wie erwartet wurde, nahm durch das Zooprojekt die Anzahl der Konzepte zu. Es ließen sich allerdings keine Unterschiede zwischen den Gymnasialschülern und dem Oberschüler erkennen.

### Konzepte über den Zusammenhang von Lebensraum und Größe

Zunächst wurden die Aussagen der Schüler hinsichtlich der Kategorie ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ untersucht. Bereits beim Interview vor dem Zoobesuch war festzustellen, dass fast alle Schüler die Frage, ob Pinguine in kalten oder warmen Regionen leben, nicht vollständig korrekt beantworteten:

T: „Ehm, eigentlich ziemlich kalt.“ (Transkript 13, Z. 31)

Kein Schüler konnte sich vorstellen, dass Pinguine auch in warmen Regionen leben. Einige Schüler waren jedoch in der Lage, durch Hinweise, wie dem Bildimpuls 2 zum Lebensraum der Pinguine (siehe Anhang A9a), ihre Vorstellungen zu erweitern. Sie erkannten bei der Beschreibung des Bildes, dass Pinguine nicht nur in kalten Gebieten leben. Um dies zu beschreiben, nutzten einige Schüler bereits vor dem Zoobesuch die theoretischen Hintergründe der sogenannten *Bergmann-Regel* (vgl. Kapitel 2.1.2.4), ohne die Regel konkret zu benennen. Sie äußerten Vorstellungen, warum die Pinguine auf den Galapagosinseln kleiner sind als die Kaiserpinguine in der Antarktis:

E: „Ja, also wo es wärmer ist, sind die kleiner [...], [z]um Beispiel beim Kaiserpinguin, ist es ja 19 minus Grad, also 19 Grad minus und das ist ja eben der größte Pinguin.“ (Transkript 5, Z. 58-61 oder vgl. Transkript 1, Z. 66-68; Transkript 7, Z. 49-58)

Bei den Abschlussinterviews fiel auf, dass sich die Vorstellungen zum Lebensraum der Pinguine teilweise veränderten, einige der Befragten gaben nach dem Zoobesuch eine erweiterte Vorstellung über den Lebensraum der Pinguine an:

J: „Also die leben ja am Nordpol, oder, nein eh Antarktis [...] und auch in wärmeren Gebieten.“ (Transkript 10, Z. 19-21)

M: „Ehm, also eher in kälteren Regionen, aber die ehm können auch in wärmeren Regionen vorkommen.“ (Transkript 12, Z. 12-13 oder vgl. Transkript 14, Z. 25-28)

Auch nach dem Zoobesuch wurde den Schülern der Bildimpuls 2 vorgelegt, bei dessen Beschreibung sich die Vorstellungen der Schüler aber kaum änderten. Die Schüler, die bereits vorher ein Konzept zu den Größenunterschieden der Pinguine äußerten, erklärten auch nach dem Zoobesuch das Vorkommen der Pinguine mithilfe der Inhalte der *Bergmann-Regel*, doch auch hier wurde das Konzept nicht benannt:

E: „Ja, also der Galapagospinguin ist kleiner, weil er in wärmeren Regionen lebt und der Kaiserpinguin ist größer, weil der eben halt in kälteren Regionen lebt.“ (Transkript 6, Z. 8-9 oder vgl. Transkript 2, Z. 44-45).

Auffällig war, dass ein Schüler vor dem Zoobesuch anhand des Bildes nur beschrieb, wo die verschiedenen Pinguinarten leben und welche Temperaturen dort vorherrschen, allerdings brachte er die Körpergröße nicht mit den unterschiedlichen Temperaturen in Verbindung. Durch das Zooprojekt hingegen erklärte er die Unterschiede folgendermaßen:

J: „Also der, der da in der Antarktis lebt, ist am größten, damit er auch am meisten Wärme hat [...] und die dann in den wärmeren Gebieten leben, sind dann auch kleiner.“ (Transkript 10, Z. 35-38)

Zwei Schüler äußerten zudem Ideen dazu, warum der Kaiserpinguin in der kalten Antarktis so groß bzw. der Humboldtpinguin in warmen Regionen kleiner ist. Allerdings taten sie dies nur vor dem Zoobesuch und griffen die Ideen im Nachhinein nicht mehr auf:

D: „Ehm, vielleicht weil der mehr Körpermasse und Speck braucht [...] am Südpol ehm also zum Überleben, damit er halt nicht ehm abfriert [...]. Ehm, die werden ja immer kleiner und dadurch haben die halt auch nicht so viel Körpermasse wie der Kaiserpinguin.“ (Transkript 7, Z. 65-67, 87-88)

T: „[...], [V]ielleicht finden die ja besser was zu essen, Fische.“ (Transkript 13, Z. 61)

Eine Schülerin hingegen war vorher und nachher der Meinung, dass der Kaiserpinguin größer ist, weil er sich an die Kälte gewöhnt habe und daher schneller wachsen könne.

A: „Weil der Kälte mehr gewohnt ist als Wärme und dadurch wächst er vielleicht schneller weil Kälte ist für ihn besser als Wärme“. (Transkript 2, Z. 57-58 oder vgl. Transkript 1, Z. 71-72)

Nur eine Schülerin konnte sich vorstellen, dass der Kaiserpinguin größer sein muss, damit er die Wärme in seinem Körper besser speichern kann:

M: „Vielleicht, weil der Kaiserpinguin in dem großen mehr Wärme spendet oder speichert als der kleinere [...] weil die Umwelt da ja, also die Außentemperatur ist da ja kälter, damit ehm bisschen wärmere Temperatur ehm gespeichert wird.“ (Transkript 11, Z. 64-68)

Nach dem Zoobesuch veränderte sich diese Vorstellung nicht (vgl. Transkript 12, Z. 21-23).

#### Konzepte über die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme

Die zweite Kategorie ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ beinhaltet Konzepte der Schüler, wie Pinguine sich durch ihre Körperbedeckung vor Kälte schützen können. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass sowohl vor dem Zoobesuch als auch danach einige Schüler Konzepte zur Isolierung des Pinguinkörpers nannten, die sich bei den meisten auf die Fettschicht und das Federkleid bezogen. Diese Schüler hatten bereits vor dem Zooprojekt eine genaue Vorstellung davon, wie die Fettschicht oder die Federn den Pinguin vor Kälte schützen:

E: „Wegen seinem Fell [...]. Eh, also das ist so wie nen Mantel.“ (Transkript 5, Z. 74-78)

M: „Ehm, er hat ja so eine Fettschicht [...] womit das ehm Wasser auch abweicht, vielleicht ehm ist es für die dann etwas schwerer, dass die Körpertemperatur dann ausweicht[...].“ (Transkript 11, Z. 80-84)

T: „Ich glaub, die Federn, die halten das Wasser so weg [...] [W]enn die Federn ganz nah beieinander sind, denn kommt das Wasser ja nicht auf den Körper und also bei Fell würde das glaub ich schon funktionieren, aber eh ich glaub nicht, dass das bei Federn funktioniert.“ (Transkript 13, Z. 81-85)

Die Schüler, die bereits vor dem Zoobesuch eine konkrete Vorstellung über die Isolierung des Pinguins hatten, wählten meist auch nach dem Zoobesuch ähnliche Formulierungen, um ihre Konzepte zu beschreiben (vgl. Transkript 9, Z. 75-88).

Zwei Schüler konnten sich sogar vorstellen, dass die Federn auch bei den Pinguinen, die in wärmeren Gebieten leben, von Bedeutung sind:

M: „[...] [A]lso als Pinguin würde ich dann versuchen, nen paar Federn zu verlieren, dass dann die Luft also die Wärme nen bisschen leichter weggeht.“ (Transkript 11, Z. 117-118 oder Transkript 5, Z. 95-97)

Durch das Zooprojekt veränderte sich bei beiden dieses Konzept allerdings nicht, sondern wurde auch beim Abschlussinterview wieder genutzt, um zu beschreiben, dass der Pinguin sich vor zu viel Wärme schützen kann, indem er einige Federn verliert oder eine dünnere Fettschicht hat (vgl. Transkript 6, Z. 52-53; Transkript 12, Z. 62-63).

Bei einer Schülerin veränderten sich die Vorstellungen über das Aussehen der Federn, um den Pinguin im Wasser wärmen zu können. Zunächst ging sie davon aus, dass die Federn eher liegend angeordnet und glatt seien, damit es keine Zwischenräume gibt (vgl. Transkript 11, Z. 94-97). In dem Interview nach dem Zoobesuch nannte sie hingegen ein anderes Konzept:

M: „[...] die sind ganz klein und ganz wuschelig und so ehm grau weiß [...], dass die durch die ganzen Federn, die so wuschelig sind, dass die dann vielleicht nen bisschen Wasser aufnehmen, dass das gar nicht erst an die Fettschicht oder so kommt, dass die Wärme dann auch immer weiter gespeichert wird.“ (Transkript 12, Z. 34-41)

Ein weiterer Schüler konnte sich bereits vor dem Zoobesuch vorstellen, dass die Federn den Pinguin auch im Wasser vor Kälte schützen:

J: „Sein Gefieder, weil die Federn sind ja ganz eng beieinander und wenn der irgendwie ins Wasser geht, macht er ja irgendwie auch mit seinem Schnabel so ne Fettschicht oder so [...], dass das Wasser abperl [...] und wenn er dann rausgeht, ist die dann weg und dann macht er die aber wieder neu. Der hat da irgendwie so ne Magensäure oder so.“ (Transkript 9, Z. 75-82)

Auch nach dem Zoobesuch veränderte sich dieses Konzept nicht (vgl. Transkript 10, Z. 55-56). Ein anderer Schüler entwickelte erst nach dem Zoobesuch eine Vorstellung darüber, wie die Federn den Pinguin auch im Wasser vor Kälte schützen können. Er begründete dies damit, dass Pinguine ihr Gefieder vor dem Schwimmen mit einer Fettschicht überziehen (vgl. Transkript 8, Z. 30-31).

### Konzepte über die Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme

Die Aussagen, die der dritten Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ zugeordnet werden konnten, beziehen sich darauf, wie die Pinguine ihre Durchblutung regulieren, um Wärme zu speichern oder

überschüssige Wärme abzugeben. Vor dem Zoobesuch äußerten die Schüler weder Konzepte zur Anpassung an Kälte durch eine verringerte Durchblutung der Körperanhänge noch zur Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung.

Zunächst war auffällig, dass nur zwei Schüler eine Idee formulierten, wie der Pinguin seinen Körper, außer durch die Federn oder die Fettschicht, wärmen kann:

T: „Ehm, ich denke, dass kommt irgendwie von den Füßen und dass die sich irgendwie ehm viel bewegen.“ (Transkript 13, Z. 66-67 oder vgl. Transkript 1, Z. 81-82)

Beim Abschlussinterview kam es zu einer Veränderung dieser Vorstellung, indem der Schüler die Durchblutung der Flügel und Füße in diesem Zusammenhang aufgriff:

T: „Ehm, [...] ich glaub, das ist an den Flügeln und an den Federn und auch an den Füßen [...]. [D]ie Menge vom Blut können die höher machen und niedriger damit die nicht frieren.“ (Transkript 14, Z. 58-63)

Bei diesem Interview war zudem auffällig, dass der Schüler zunächst die Wärmeabgabe eines Pinguins in warmen Regionen so beschrieb, dass dieser ein paar Federn verliere (vgl. Transkript 13, Z. 103). Durch das Zooprojekt veränderte er seine Vorstellungen und konnte sich ein Konzept zur Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung der Körperanhänge vorstellen:

T: „Ja, der macht das mit den Flügeln und den Füßen, [...] dass Blut das da [...] viel Blut durchfließt denn dann ist es an Land nicht so heiß und [...] im Wasser da macht der das Gegenteil.“ (Transkript 14, Z. 80-90)

Eine Vorstellungsänderung fand ebenfalls bei einer weiteren Schülerin statt. Vor dem Zoobesuch ging sie davon aus, dass sich Pinguine, die in kalten Regionen leben, nur durch die Federn und ihre Fettschicht wärmen können (vgl. Transkript 11, Z. 80-91). Außerdem hatte sie keine Erklärung dafür, welche Bedeutung die Füße bei der Wärmeabgabe bzw. bei der Wärmespeicherung haben könnten (vgl. Transkript 11, Z. 129-133). In dem Abschlussinterview erklärte sie das Wärmen des Pinguinkörpers immer noch durch den Schutz der Federn und der Fettschicht, konnte sich nun aber vorstellen, dass die Regulierung der Durchblutung der Körperanhänge bei der Anpassung an Kälte eine Rolle spielt:

M: „Ja, ehm die wurden einmal mehr durchblutet und einmal etwas weniger, im Wasser wurden sie, glaub ich, weniger durchblutet.“ (Transkript 12, Z. 51-52)

Zwei weitere Schüler nahmen an, dass die Pinguine in warmen Regionen die Körperwärme abgeben können, sie äußerten dazu vor dem Zoobesuch folgende Vorstellungen:

D: „Eh..glaub, die verringern die mit ihrer Körpergröße, [...] so dass das auf die nicht so heiß wirkt. [...] Ja, ich glaub, die könnten noch was rausstoßen unten“ (Transkript 7, Z. 90-95)

J: „Ja, die hecheln dann so wie Hunde [...]. Wahrscheinlich bewegen sie sich auch nicht grad viel, weil wenn man sich bewegt, wird einem ja warm.“ (Transkript 9, Z. 101-104)

Es konnte festgestellt werden, dass sich diese Konzepte der beiden Schüler dahingehend veränderten, dass sie erkannten, dass die Körperanhänge, wie Füße und Flügel, für die Anpassung an Wärme bedeutend sind:

D: „Also meine Vermutung wär, dass die durch die Füße [...] irgendwie so, dass die Füße irgendwelche ehm [...] irgendwas machen können, damit da die Kälte oder sowas rausweicht.“ (Transkript 8, Z. 35-36)

J: „Also der hechelt [...]. Und lässt dann auch, der kann auch Wärme durch die Flügel und sozusagen abgeben [...] wahrscheinlich stark durchblutete Flügel. [...] Die Füße auch, weil da geht ja auch die Wärme durch.“ (Transkript 10, Z. 60-70)

Die Durchsicht der Interviews hinsichtlich dieser Kategorie ergab, dass einige Schüler erst nach dem Zoobesuch vermehrt Konzepte nannten, mit deren Hilfe sie die Regulierung der Durchblutung der Körperanhänge des Pinguins in kalten und warmen Regionen erklärten. Ein weiterer Schüler konnte beispielsweise vor dem Zoobesuch nicht erklären, wie ein Pinguin sich vor der Kälte schützt, außer durch Federn oder eine Fettschicht. Nach der Durchführung des Zooprojekts nutzte er die theoretischen Inhalte des Gegenstromprinzips, um die Anpassung von Pinguinen an kalte Temperaturen durch eine verringerte Durchblutung der Körperanhänge zu erläutern, ohne das Prinzip allerdings zu benennen:

J: „Also der lässt [...] hier nicht so viel Wärme bei den Flügeln und so, weil die dann schneller kalt werden [...] als wenn er die im Körper lässt, also lässt das nur schwach durchbluten.“ (Transkript 10, Z. 42-45)

*Hypothese 2: Es wird angenommen, dass die Schüler durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern gebrauchen.*

Metaphern werden sowohl im Alltag als auch in der Wissenschaft häufig verwendet und dienen dazu, das bildhafte Verstehen von Begriffen zu vereinfachen. Begriffe zählen zu den einfachsten Vorstellungen und lassen sich verbal durch Wörter und Ausdrücke realisieren (vgl. Kapitel 2.2.2.1 und 2.2.2.3).

Beim Durchsehen der Interviews fiel auf, dass nur drei der sieben befragten Schüler Metaphern zur Erklärung von Sachverhalten nutzten. Allerdings konnte nicht festgestellt werden, dass diese vermehrt nach dem Zoobesuch auftauchten. Im Vergleich zu den Gymnasialschülern gebrauchte der Oberschüler keine Metaphern.

### Metaphern über den Zusammenhang von Lebensraum und Größe

Die Aussagen der Schüler, die der ersten Kategorie ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ zugeordnet werden konnten, enthielten keine Metaphern.

### Metaphern über die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme

Bei der Durchsicht der Interviews tauchten hinsichtlich dieser Kategorie Metaphern auf. Die Metapher *Fell* ist dabei am auffälligsten:

E: „Wegen seinem Fell.“ (Transkript 5, Z. 74).

T: „Ehm, ja der Galapagospinguin, der hatte nicht so dünnes Fell, der hatte .. dünneres Fell als der Kaiserpinguin.“ (Transkript 13, Z. 72-73)

Es nutzten nicht beide Schüler diese Metapher auch nach dem Zoobesuch, sondern einer von ihnen verwendete hinterher den eigentlichen Begriff *Feder*, um die Art der Körperisolierung des Pinguins zu beschreiben (vgl. Transkript 14, Z. 55). Allerdings äußerte er nach dem Zooprojekt weitere Metaphern, wie *Jackett* und *Anzug*, um das Federkleid und die Färbung eines Pinguins zu beschreiben:

T: „Ehm, die Wärme ist da auch verschieden..aber alle Pinguine haben ein..ich sag jetzt mal ein Jackett an.“ (Transkript 14, Z. 32-33)

T: „Ehm, dass sie ziemlich rau sind und die den Anzug anhaben zum Tarnen.“ (Transkript 14, Z. 67)

Der zweite Schüler, der vorher die Metapher *Fell* verwendete, nutzte noch die Metapher *Mantel*, um die Funktion der Körperisolierung zu erklären:

E: „Eh, also das ist so wie nen Mantel.“ (Transkript 5, Z. 78)

Diese Metapher verwendete er nach dem Zoobesuch nicht mehr.

### Metaphern über die Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung der Körperwärme

In der dritten Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung der Körperwärme‘ tauchte bei dem Startinterview eines Schülers folgende Metapher auf:

J: „Ja, die hecheln dann so wie Hunde.“ (Transkript 9, Z. 101)

Diese Metapher gebrauchte er, um zu erklären, wie Pinguine aus warmen Gebieten mit der Wärme umgehen bzw. Wärme abgeben können. Im Abschlussinterview nutzte der Schüler dann nur noch den Begriff *Hecheln*, womit nicht mehr von einer Metapher gesprochen werden kann (vgl. Transkript 10, Z. 60).

*Hypothese 3: Es wird angenommen, dass durch das Zooprojekt die Anzahl an Denkfiguren zunimmt.*

Bei Denkfiguren handelt es sich um grundlegende Vorstellungen, die mehrere Konzepte umfassen und zusammenschließen. Verbal werden Denkfiguren als Grundsätze geäußert (vgl. Kapitel 2.2.2.1).

Es konnte festgestellt werden, dass die Schüler nur eine Denkfigur, „Adaptive Regulierung der Durchblutung“, gebrauchten. Hierbei gab es keine Unterschiede zwischen dem Oberschüler und den Gymnasialschülern.

#### Denkfigur: Adaptive Regulierung der Durchblutung

Die Anzahl an Konzepten der Schüler, wie Pinguine sich vor Kälte bzw. Wärme schützen können, außer durch ihre Fettschicht und die Federn, war gering und oft undifferenziert. Dennoch lassen sie sich zu der Denkfigur „Adaptive Regulierung der Durchblutung“ zusammenfassen, die folgende Konzepte umfasst:

- Anpassung an Kälte durch verringerte Durchblutung der Körperanhänge
- Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung der Körperanhänge

Beide Konzepte drücken den Anpassungsprozess im Sinne einer Veränderung der Durchblutung aus (vgl. Kapitel 2.1.2.3).

Vor dem Zoobesuch antworteten wenig Schüler im Sinne dieser Denkfigur und wenn überhaupt nur ungenau:

T: „Ehm ich denke, dass kommt irgendwie von den Füßen und dass die sich irgendwie ehm viel bewegen.“ (Transkript 13, Z. 66-67 oder vgl. Transkript 1, Z. 81-82).

Im Nachhinein argumentierten vermehrt Schüler in Form von dieser Denkfigur. Die Schüler erkannten durch das Zooprojekt, dass die Durchblutung bei der Anpassung an Kälte und Wärme eine Rolle spielt:

T: „Ja, der macht das mit den Flügeln und den Füßen, [...] dass Blut das da [...] viel Blut durchfließt denn dann ist es an Land nicht so heiß und [...] im Wasser da macht der das Gegenteil.“ (Transkript 14, Z. 80-90)

M: „Ja, ehm die ...wurden einmal mehr durchblutet und einmal etwas weniger, im Wasser wurden sie glaub ich weniger durchblutet.“ (Transkript 12, Z. 51-52)

J: „Also der hechelt [...]. Und lässt dann auch, der kann auch Wärme durch die Flügel und sozusagen abgeben [...] wahrscheinlich stark durchblutete Flügel. [...] Die Füße auch, weil da geht ja auch die Wärme durch.“ (Transkript 10, Z. 60-70)

Diese Beispiele zeigen, dass die Schüler die zwei genannten Konzepte dieser Denkfigur zusammenführen und so weitere Anpassungsmechanismen des Pinguins an Kälte und

Wärme verinnerlicht haben, auch wenn sie nicht alle ihre Konzepte fachlich korrekt beschrieben.

### 6.2.2 Ergebnisse der Mindmaps

In den Ergebnissen der Mindmaps (Transkripte vgl. Anhang A8) geht es um die Vorstellungen der Schüler über den Pinguin vor und nach dem Zoobesuch. Auch mithilfe der Mindmaps sollte herausgefunden werden, ob sich die Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern oder Denkfiguren) durch das Zooprojekt veränderten (vgl. Interviews). Die vor dem Zooprojekt angegebenen Vorstellungen werden als Pre-Mindmap und die nach dem Zooprojekt genannten als Post-Mindmap bezeichnet. Alle Vorstellungen sind durch Zeilennummern fortlaufend gekennzeichnet.

Es gab auch hier verschiedene Kategorien, die anhand des Datenmaterials erstellt und denen beispielhafte Aussagen der Schüler zugeordnet wurden. Die Schüler haben unerwartet viele Themenbereiche beim Ausfüllen der Mindmaps über den Pinguin angesprochen. Da der Rahmen dieser Arbeit begrenzt war, wurden nicht für alle Aspekte der Schüler Kategorien erstellt. Die Kategorien beschränkten sich auf Themen, die im Hinblick auf das Zooprojekt von Bedeutung waren. Insgesamt handelte es sich um die fünf Kategorien ‚Tarnung‘, ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘, ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘, ‚Pinguine unter Wasser‘ sowie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘. Wie bei den Interviews werden die Ergebnisse der Mindmaps, bezogen auf die drei formulierten Hypothesen (vgl. Kapitel 4.2), dargestellt und den entsprechenden Kategorien zugeordnet. Die Vorstellungen jedes Schülers werden wieder nicht im Detail betrachtet, sondern in der Gesamtheit untersucht und mit Beispielen aus den Transkripten der Pre- und Post-Mindmaps (Anhang A8) belegt.

*Hypothese 1: Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten durch das Zooprojekt zunimmt.*

Die Ergebnisse aus den Mindmaps vor und nach dem Zoobesuch zeigen, dass Schüler teilweise Konzepte nutzten, um Sachverhalte plausibel zu erklären. Wie angenommen wurde, nahm nach dem Zoobesuch die Anzahl der Konzepte zu. Hierbei ließen sich im Gegensatz zu den Interviews Unterschiede zwischen den Gymnasialklassen und den Oberschulklassen feststellen. Die Oberschüler nutzten weniger Konzepte als die Gymnasialklassen.

#### Konzepte über die Tarnung

Zu der Kategorie ‚Tarnung‘ gehören Konzepte, um die Färbung des Gefieders und deren Vorteile zu beschreiben. Es fiel auf, dass viele Schüler vor dem Zoobesuch eine Vorstellung über die Farbe des Gefieders eines Pinguins hatten:

„[...] [I]hr Frack ist schwarz und weiß.“ (Pre-Mindmap, Z. 41)

„Pinguine sind schwarz und weiß [...].“ (Pre-Mindmap, Z. 196)

„Pinguine haben ein schwarz weißes Fell.“ (Pre-Mindmap, Z. 338)

Nur wenige beschrieben, welche Körperteile schwarz und welche weiß gefärbt sind (vgl. Pre-Mindmap, Z. 10, 32, 81, 228, 354). Insgesamt konnten sich nur zwei Schüler bereits vor dem Zoobesuch vorstellen, welche Funktion die Färbung des Gefieders hat:

„Er ist schwarz weiß als Tarnung gegen Feinde.“ (Pre-Mindmap, Z. 294)

„Der Pinguin ist hinten schwarz, damit man ihn von oben nicht sieht, weil das Meer auch schwarz aussieht. Der Pinguin ist vorne weiß, damit man ihn von unten nicht sieht, weil das Meer wegen der Sonne auch weiß aussieht.“ (Pre-Mindmap, Z. 647-650)

Nach dem Zoobesuch gab es viele Schüler, die nicht nur die Farben des Gefieders beschrieben, sondern auch erkannten, dass die Pinguine dadurch getarnt sind (Post-Mindmap, Z. 193, 244, 299, 601). Im Gegensatz zu vorher gaben vermehrt Schüler nach dem Zoobesuch an, welche Körperteile schwarz und welche weiß gefärbt sind (Post-Mindmap, Z. 53, 78, 294/296, 357). Während vor dem Zoobesuch kaum Schüler ein Konzept dazu beschrieb, formulierten nach dem Zoobesuch viele Schüler eine Vorstellung. Sie gaben an, dass der Bauch weiß gefärbt ist, weil der Pinguin sich dann vor Feinden schützen kann, die aus der Tiefe des Meeres angreifen. Der Rücken ist schwarz gefärbt, damit der Pinguin vor Feinden von der Meeresoberfläche getarnt ist (vgl. Post-Mindmap, Z. 96-97, Z. 268-271, Z. 320-323).

Auch wenn nicht alle Schüler immer die richtige Ausdrucksweise wählten, um die Vorteile der Färbung darzustellen, kann in dieser Kategorie davon gesprochen werden, dass nach dem Zoobesuch vermehrt Konzepte genutzt wurden.

#### Konzepte über die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme

In dieser Kategorie geht es um die Isolierung des Pinguins durch seine Fettschicht und die Federn zum Schutz vor der Kälte. Es gab nur wenige Schüler, die vor dem Zoobesuch die Begriffe *Federn* oder *Fettschicht* nannten. Auch wenn manche Schüler angaben, dass Pinguine in der Kälte leben können (vgl. Pre-Mindmap, Z. 70, 137), verbanden die meisten Schüler ihre Konzepte über den Pinguin und die Anpassung an Kälte nicht mit der Isolierung des Körpers durch besondere Körperbedeckungen. Zumeist gaben sie nur an, dass Pinguine *Federn* oder ein *Fettschicht* besitzen (vgl. Pre-Mindmap, Z. 123, 127, 317, 369). Nur ein Schüler nahm an, dass das Gefieder die Pinguine warm hält (vgl. Pre-Mindmap, Z. 183). Vier Schüler stellten sich vor, dass Pinguine sich auch gegenseitig wärmen (vgl. Pre-Mindmap, Z. 125, 279, 703, 711). Es

gab sogar einen Schüler, der sich vorstellen konnte, warum der Pinguin im Wasser nicht friert:

„Pinguine schwimmen im kalten Wasser und frieren nicht, weil sie eine Fettschicht und Federn haben, wo das Wasser abperlt.“ (Pre-Mindmap, Z. 333-334)

Nach dem Zooprojekt nannten immer noch einige Schüler die Begriffe *Federn* und *Fettschicht* ohne diese allerdings näher zu erläutern (vgl. Post-Mindmap, Z. 42, 190, 235, 505). Es nutzten aber vermehrt Schüler Konzepte, um die Funktion von der Fettschicht und den Federn zu beschreiben:

„Der Pinguin kann sehr viel Wärme in seiner Fettschicht speichern.“ (Post-Mind Map, Z. 147)

„Den Pinguin schützen Federn und Fett vor Kälte.“ (Post-Mindmap, Z. 297)

„Pinguine haben ein sehr dichtes Federkleid, um auch in der Antarktis nicht zu erfrieren.“ (Post-Mindmap, Z. 572)

Nach dem Zooprojekt konnte sich immer noch nur ein Schüler vorstellen, dass die Federn den Pinguin im Wasser vor Kälte schützen, da die Federn eingefettet werden. Zwei Schüler notierten lediglich die Vorstellung, dass Pinguine ihre Federn einfetten, begründeten dies allerdings nicht (vgl. Post-Mindmap, Z. 191, 776).

Wie schon vor dem Zoobesuch gaben auch Schüler hinterher gleichermaßen an, dass Pinguine sich gegenseitig wärmen (vgl. Post-Mindmap, Z. 84, 93, 630).

### Konzepte über den Zusammenhang von Lebensraum und Größe

In dieser Kategorie werden die Vorstellungen der Schüler über den Zusammenhang von Lebensraum und Größe beim Pinguin beschrieben. Zunächst sollte untersucht werden, ob die Schüler wissen, wo der Pinguin lebt. Die meisten Schüler gaben in den Mindmaps dazu Vorstellungen an. Vor dem Zoobesuch stellten sich viele vor, dass Pinguine am Südpol, in der Antarktis, leben. Manche gaben an, dass Pinguine in sehr kalten Gebieten vorkommen (vgl. Pre-Mindmap, Z. 15, 187, 265, 448). Nur wenige Schüler hatten Vorstellungen, dass Pinguine noch in anderen Gebieten leben können:

„Pinguine sind am Südpol, Australien, Afrika, Amerika.“ (Pre-Mindmap, Z. 761)

„Sie leben in Australien, Südafrika, Chile, Argentinien, Neuseeland und Antarktis.“ (Pre-Mindmap, Z. 627)

Obwohl viele Schüler glaubten, dass Pinguine in der Antarktis leben, gab es auch einige, die davon überzeugt waren, dass Pinguine am Nordpol in der Arktis vorkommen

(vgl. Pre-Mindmap, Z.46, 65, 112, 199). Nur vereinzelt notierten Schüler die Vorstellung, dass manche Pinguinarten auch in warmen Gebieten vorkommen können und diese sich zu denen in kalten Gebieten in der Größe unterscheiden:

„Wo es wärmer ist, sind die Pinguine kleiner.“ (Pre-Mindmap, Z. 284)

„Große Pinguine leben in sehr kalten Gebieten. Und kleinere in wärmeren Gebieten.“ (Pre-Mindmap, Z. 301-302)

„Pinguine leben aber auch in warmen Ländern/ Kontinenten.“ (Pre-Mindmap, Z. 579)

Bei der Durchsicht der Mindmaps nach dem Zoobesuch fiel auf, dass auch in dieser Kategorie vermehrt Konzepte genutzt wurden, um den Zusammenhang von Lebensraum und Größe der Pinguine darzustellen. Keiner der Schüler nannte dabei aber den Begriff *Bergmann-Regel*. Es gaben zwar immer noch Schüler an, dass der Pinguin nur am Südpol, in der Antarktis, lebt (vgl. Post-Mindmap, Z. 40, 49, 119, 409), doch die meisten beschrieben den Lebensraum verschiedener Pinguinarten hinterher als kalt sowie warm und konnten Konzepte formulieren, wie sich die Pinguine aus verschiedenen Regionen unterscheiden:

„Die Größe der Pinguinarten ist unterschiedlich, weil alle in anderen Regionen wohnen. Der Kaiserpinguin wohnt in der kältesten Region, deswegen ist er am größten, denn wer größer ist, speichert mehr Wärme.“ (Post-Mindmap, Z. 175-177)

„Es gibt Pinguinarten, die in der Antarktis leben. Es gibt aber auch Pinguinarten, die in wärmeren Regionen leben, wie z. B. der Humboldtpinguin. Je kälter der Lebensraum, desto größer der Pinguin und andersrum.“ (Post-Mindmap, Z. 301-303)

#### Konzepte über Pinguine unter Wasser

Diese Kategorie beinhaltet alle Vorstellungen der Schüler über den Pinguin unter Wasser. Im Vordergrund stehen hierbei Konzepte zum Fortbewegen unter Wasser und die Flugunfähigkeit der Pinguine. Viele Schüler stellten sich bereits vor dem Zoobesuch vor, dass Pinguine zur Klasse der Vögel gehören (vgl. Pre-Mindmap, Z. 128, 138, 159, 245). Die meisten wissen auch, dass Pinguine nicht fliegen, dafür aber sehr gut schwimmen können. Sie beschrieben allerdings nicht, warum Pinguine flugunfähig sind:

„Pinguine können nicht fliegen, dafür gut schwimmen.“ (Pre-Mindmap, Z. 166)

„Der Pinguin ist ein flugunfähiger Vogel.“ (Pre-Mindmap, Z. 173)

Vereinzelt formulierten Schüler lediglich die Funktion der Flügel beim Schwimmen:

„Flügel, die nicht fliegen können, aber unter Wasser sehr schnell sein können.“  
(Pre-Mindmap, Z. 109)

„[...] können nicht fliegen, haben Flügel zum schneller Fortbewegen (unter Wasser).“ (Pre-Mindmap, Z. 280)

Ein Schüler glaubte, dass Pinguine unter Wasser mit den Flügeln lenken und sie sich mit den Füßen antreiben (vgl. Pre-Mindmap, Z. 544). Auffällig war zudem, dass zwei Schüler das Schwimmen eines Pinguins als „Fliegen unter Wasser“ bezeichneten:

„Pinguine sind Vögel, können aber nicht fliegen. Sie bewegen sich im Wasser wiederum so, als würden sie fliegen.“ (Pre-Mindmap, Z. 272-273)

„Pinguine gehören zu den Vögeln. Sie können aber nicht fliegen. Es ist fast so, als könnten sie unter Wasser fliegen.“ (Pre-Mindmap, Z. 471-473)

Manche Schüler gaben sogar an, dass Pinguine Schwimmhäute an den Füßen bzw. zwischen den Zehen haben (vgl. Pre-Mindmap, Z. 206, 246, 274, 351). Aber auch hier wurde keine Funktion beschrieben.

Es war zu erkennen, dass die Schüler bereits vor dem Zoobesuch viele Vorstellungen über den Pinguin unter Wasser hatten. Die Mindmaps nach dem Zoobesuch zeigten hingegen vermehrt Konzepte, die sich auf das Fortbewegen im Wasser und auf die Flugunfähigkeit der Pinguine bezogen. Es wurde immer noch häufig angegeben, dass Pinguine zu der Klasse der Vögel gehören, aber nicht fliegen, sondern schwimmen können. Ein Schüler notierte, dass Pinguine zwar nicht fliegen können, aber flugähnliche Bewegungen unter Wasser machen (vgl. Post-Mindmap, Z. 574-575). Obwohl viele Schüler wussten, dass Pinguine eben keine hohlen Knochen haben, wie andere Vögel (vgl. Post-Mindmap, Z. 333, 478), konnten sich manche auch die Funktion der nicht luftgefüllten Knochen der Pinguine vorstellen:

„Die Knochen von Pinguinen sind nicht hohl, wie bei den Vögeln, die fliegen.“  
(Post-Mindmap, Z. 75)

„Weil er keine hohlen Knochen hat, kann er zwar nicht fliegen, aber dafür sehr gut tauchen und schwimmen. Dafür sind die Flossen und Füße gut geeignet.“  
(Post-Mindmap, Z. 355-356)

„Pinguine können nicht fliegen, da sie zum Tauchen gefüllte Knochen haben, also sind sie schwerer.“ (Post-Mindmap, Z. 418-419)

Außerdem waren nach dem Zoobesuch vermehrt Schüler in der Lage, Konzepte über die Fortbewegung der Pinguine unter Wasser zu formulieren, wobei sie die Funktion der Flügel und Füße beschrieben:

„Im Wasser bewegen sie sich mit ihren Flügeln und wechseln die Richtung mit ihren Füßen.“ (Post-Mindmap, Z. 218)

„Pinguine schwimmen mit den Flügeln und lenken mit den Füßen.“ (Post-Mind Map, Z. 600)

### Konzepte über die Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme

Mithilfe der Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ sollte untersucht werden, ob Schüler in den Mindmaps Vorstellungen notierten, wie der Pinguin sich an kalte bzw. warme Lebensräume anpassen kann. Hierbei ging es allerdings nicht um die Isolierung des Körpers eines Pinguins durch seine Federn und die Fettschicht. Vielmehr standen die zwei Konzepte zur Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung der Körperanhänge und zur Anpassung an Kälte durch verringerte Durchblutung im Vordergrund. Vor dem Zoobesuch notierten die Schüler keine Vorstellungen zu dieser Kategorie. Ein Schüler formulierte nur die Idee, dass Pinguine nicht frieren, da ihre Füße immer kalt sind. Diesen Zustand hat er allerdings nicht weiter erläutert (vgl. Pre-Mindmap, Z. 391).

Durch das Zooprojekt entwickelten die Schüler Vorstellungen, mit denen sie die Anpassung an Kälte und Wärme beschrieben. Einige gaben ihre Konzepte allerdings nur sehr oberflächlich an:

„Pinguine können Wärme speichern und abgeben.“ (Post-Mindmap, Z. 164)

Andere Schüler hingegen konnten näher erläutern, wie die Pinguine sich an Wärme oder Kälte anpassen, indem sie die Durchblutung der Körperanhänge im Sinne des Gegenstromprinzips aufgriffen, dieses aber begrifflich nicht benannten:

„Ihre Füße sind nur an Land durchblutet und im Wasser nicht. Die Füße sind im Wasser nicht durchblutet, weil er sich vor dem Schwimmen einfettet und das schützt ihn vor der Kälte.“ (Post-Mindmap, Z. 275-277)

„Wenn der Pinguin im Wasser ist, werden seine Füße und Flügel wenig durchblutet. An Land werden die Füße und Flügel normal durchblutet.“ (Post-Mindmap, Z. 289-290)

„Bei warmen Temperaturen ist die Durchblutung gut, bei Kälte aber nicht, dort ist die Durchblutung gering.“ (Post-Mindmap, Z. 696-697)

*Hypothese 2: Es wird angenommen, dass die Schüler durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern gebrauchen.*

Bei der Durchsicht der Mindmaps vor und nach dem Zoobesuch zeigte sich, dass die Schüler Metaphern formulierten. Es fiel auf, dass vor dem Zoobesuch mehr Metaphern gebraucht wurden als hinterher. Hierbei ist wieder ein Unterschied zwischen den Gymnasialklassen und den Oberschulklassen festzustellen. Die Schüler der Oberschule verwendeten nur vor dem Zoobesuch Metaphern. Die Metaphern können zum Teil den fünf Kategorien ‚Tarnung‘, ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘, ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘, ‚Pinguine unter Wasser‘ sowie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ zugeordnet werden.

#### Metaphern über die Tarnung

Bei der Tarnung eines Pinguins ist die Färbung des Gefieders bedeutend. Die Schüler beschrieben die Farben des Gefieders vor und nach dem Zoobesuch als schwarz-weiß. Hierzu nutzten sie verschiedene Metaphern, die diese Bedeutung trugen. Die häufigste Metapher ist in diesem Zusammenhang *Frack*:

„[...]Ihr Frack ist schwarz und weiß.“ (Pre-Mindmap, Z. 41)

„Pinguine haben einen Frack an.“ (Pre-Mindmap, Z. 574)

Weitere Metaphern, die bei der Beschreibung des Federkleides eines Pinguins in der Pre-Mindmap auftraten, waren *Smoking* (Z. 135), *Hautfarbe* (Z. 235), *Fellfarbe* (Z. 498), *Dirigentenrücken* (Z. 571), *Jacke* (Z. 587).

Nach dem Zoobesuch gebrauchten die Schüler ähnliche Metaphern wie vor dem Zoobesuch, um die Färbung eines Pinguins und deren Funktion zu beschreiben. Auch hier tauchte häufig der Begriff *Frack* auf:

„Die Färbung des Pinguins dient zur Tarnung und wird Frack genannt.“ (Post-Mindmap, Z. 291)

„Den Frack tragen sie zur Tarnung.“ (Post-Mindmap, Z. 579)

Es gab in diesem Zusammenhang noch weitere Metaphern, wie *Haut* (Z. 64), *Hautfarbe* (Z. 247), *Dirigentenanzug* (Z. 538). In der Beschreibung der Farben eines Pinguins nutzte ein Schüler gleich zwei Metaphern:

„Die Fellkleidung sieht so aus wie ein Jackett.“ (Post-Mindmap, Z. 420)

#### Metaphern über die Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme

Bei dieser Kategorie wird untersucht, ob sich auch für die Isolierung des Pinguins durch seine Fettschicht und die Federn Metaphern in den Vorstellungen der Schüler zeigten. Es war auffällig, dass in dieser Kategorie sowohl vor als auch nach dem Zoobesuch die meisten Metaphern von den Schülern gebraucht wurden. Bei den Mindmaps konnte festgestellt werden, dass die Schüler auch die Metapher *Fell* am häufigsten nutzten (vgl.

Kapitel 6.2.1), um die Körperbedeckung des Pinguins zu beschreiben (vgl. Pre-Mindmap, Z. 267, 338; Post-Mindmap, Z. 224, 388).

Die Schüler gebrauchten nach dem Zoobesuch ebenfalls Metaphern, um die Funktion der Federn und der Fettschicht zu erklären:

„Pinguine haben eine gewisse Ähnlichkeit mit Thermoskannen, denn beide speichern Wärme.“ (Post-Mindmap, Z. 180)

„Sie können die Wärme gut speichern. Der Pinguin ist fast wie eine Isolierkanne.“ (Post-Mindmap, Z. 182)

„[...] Mantel zum Wärme speichern und Luft.“ (Post-Mindmap, Z. 206)

#### Metaphern über Pinguine unter Wasser

Vor dem Zoo verwendeten einige Schüler Metaphern, um die Füße und Flügel der Pinguine zu beschreiben. Sie bezeichneten die Flügel der Pinguine als *Schwimmflügel* oder *Schwimmflossen*:

„Pinguine haben Schwimmflügel.“ (Pre-Mindmap, Z. 169)

„Seine Schwimmflossen, mit denen er schwimmt und damit kann er nicht fliegen.“ (Pre-Mindmap, Z. 547)

Ein Schüler gab sogar an, dass die Flossen wie Sensen geformt sind (vgl. Pre-Mindmap, Z. 743). Die Füße der Pinguine wurden von zwei Schülern als *Entenfüße* bezeichnet (Pre-Mindmap, Z. 517, 563). Ein weiterer Schüler umschrieb die Funktion der Füße eines Pinguins mit *Füße als Motor* (Pre-Mindmap, Z. 544). Nach dem Zoobesuch traten keine Metaphern auf, die dieser Kategorie zugeteilt werden konnten.

#### Metaphern über den Zusammenhang von Lebensraum und Größe sowie über die Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme

Die Vorstellungen der Schüler, die den zwei Kategorien ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ und ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ zugeordnet werden konnten, wiesen keine Metaphern auf. Die Schüler gebrauchten keine Metaphern, um ihre Vorstellungen zu diesen Themen zu beschreiben.

*Hypothese 3: Es wird angenommen, dass durch das Zooprojekt die Anzahl an Denkfiguren zunimmt.*

Bei der Durchsicht der Mindmaps konnte festgestellt werden, dass die Schüler teilweise Denkfiguren gebrauchten. Die angegebenen Konzepte der Schüler in den Mindmaps lassen sich zu den zwei Denkfiguren „Adaptive Regulierung der Durchblutung“ und

„Fliegen unter Wasser“ verallgemeinern. Auch hier konnte ein Unterschied zwischen den Gymnasialschülern und den Oberschülern festgestellt werden. Die Oberschüler argumentierten kaum im Sinne einer dieser Denkfiguren.

#### Denkfigur „Adaptive Regulierung der Durchblutung“

Die erste Denkfigur „Adaptive Regulierung der Durchblutung“ ist gleich der Denkfigur aus den Ergebnissen der Interviews (Kap. 6.2.1). Sie umfasst die Konzepte „Anpassung an Kälte durch verringerte Durchblutung der Körperanhänge“ und „Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung der Körperanhänge“. Vor dem Zoobesuch nannten keine Schüler Konzepte, die zu dieser Denkfigur zusammengefasst werden konnten. Im Nachhinein allerdings argumentierten vermehrt Schüler im Sinne dieser Denkfigur:

„Ihre Füße sind nur am Land durchblutet und im Wasser nicht. Die Füße sind im Wasser nicht durchblutet, weil er sich vor dem Schwimmen einfettet und das schützt ihn vor der Kälte.“ (Post-Mindmap, Z. 275-277)

„Wenn der Pinguin im Wasser ist, werden seine Füße und Flügel wenig durchblutet. An Land werden die Füße und Flügel normal durchblutet.“ (Post-Mindmap, Z. 289-290)

„Bei warmen Temperaturen ist die Durchblutung gut, bei Kälte aber nicht, dort ist die Durchblutung gering.“ (Post-Mindmap, Z. 696-697)

#### Denkfigur „Fliegen unter Wasser“

Die Denkfigur „Fliegen unter Wasser“ beinhaltet die Konzepte

- Flugunfähigkeit
- Fortbewegung unter Wasser

Beide Konzepte beziehen sich auf die Tatsache, dass Pinguine Vögel sind, die nicht fliegen, sondern schwimmen können. Sie können als flugunfähige Vögel bezeichnet werden, da sie keine hohlen Knochen haben, die ihnen das Fliegen ermöglichen. Sie haben sich an den Lebensraum Wasser angepasst, obwohl sie sich auch an Land aufhalten. Durch ihre schweren Knochen können sie im Wasser schwimmen, was als eine Art „Fliegen unter Wasser“ bezeichnet werden kann. Sie treiben sich mit den Flügeln an und steuern mit ihren Füßen. Vor dem Zoobesuch nannten viele Schüler zwar Teilaspekte dieser Denkfigur, indem sie angaben, dass Pinguine schwimmen können anstatt fliegen, waren aber nicht in der Lage, diese konkret in Form von Konzepten zu begründen. Zwei Schüler gaben lediglich an, dass Pinguine Vögel sind, aber nicht fliegen können, dennoch bewegen sie sich im Wasser als würden sie fliegen (vgl. Pre-Mindmap, Z. 272-273, 471-473). Obwohl auch bei der Durchsicht der Mindmaps nach dem Zoobesuch nur wenige Schüler die Konzepte zusammenfassend darstellten und begründeten, konnte hinterher festgestellt werden, dass vermehrt Schüler im Sinne der Denkfigur argumentierten:

„Weil er keine hohlen Knochen hat, kann er zwar nicht fliegen, aber dafür sehr gut tauchen und schwimmen. Dafür sind die Flossen und Füße gut geeignet.“  
(Post-Mindmap, Z. 355-356)

## **7. Diskussion**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Studie diskutiert. Zunächst erfolgt in den Unterkapiteln 7.1 und 7.2 eine getrennte Diskussion der Ergebnisse beider Studien. Die Diskussionen werden in Unterkapitel 7.3 zusammengeführt und die Ergebnisse der Studien einer Gesamtbetrachtung unterzogen.

### **7.1 Diskussion der Ergebnisse der quantitativen Studie**

Die Diskussion der Ergebnisse der quantitativen Studie gliedert sich, wie schon die Ergebnisse, in die drei Bereiche *Interesse*, *Fachwissen* und *Mindmaps*.

#### **7.1.1 Diskussion der Ergebnisse im Bereich des Interesses**

Aus den dargestellten Ergebnissen im Bereich Interesse lassen sich mehrere Aspekte ableiten. Der theoretische Rahmen, auf den in diesem Bereich der Diskussion zurückgegriffen wird, wurde bereits in Kapitel 2.2.4 dargestellt.

Zunächst kann festgehalten werden, dass die Hälfte (51 %) der teilnehmenden Schüler ein deutliches Interesse (,groß‘/ ,sehr groß‘) an Biologie aufweist. Dies Interesse kann als individuelles Interesse aufgefasst werden und lässt sich in der im Fragebogen erhobenen Form als dispositionales Interesse bezeichnen, da die Schüler eine innere Bereitschaft aufweisen sich mit biologischen Themen auseinanderzusetzen. Bei diesen Schülern kann aufgrund der Merkmale des Interesses davon ausgegangen werden, dass sie in Bezug auf Biologie intrinsisch motiviert (Selbstbestimmtheit) sind und diese wissenschaftliche Disziplin mit positiven Gefühlen assoziieren (emotionale Komponente). Zudem kann laut der kognitiven Komponente des Interesses davon ausgegangen werden, dass die Schüler ihr Wissen über biologische Themen erweitern wollen (kognitive Komponente) wollen, da diese ihnen wichtig sind (wertbezogene Komponente). Des Weiteren ergab die Befragung, dass ein weiterer Großteil der befragten Schülergruppe ein ,mittelmäßiges‘ Interesse angab, welches darauf schließen lässt, dass ihr individuelles Interesse an Biologie zwar nicht sehr ausgeprägt ist, sie aber kein Desinteresse oder gar Abneigung an biologischen Themen zeigen und daher bei diesen Schülern zumindest die Chance besteht, situationales Interesse mittels des Zooprojekts zu wecken. Die Ergebnisse zeigen, dass Mädchen und Jungen ein ähnlich hohes biologisches Interesse aufweisen. Auch bei den Schulformen lässt sich zwischen der Oberschule und dem Gymnasium kein Unterschied feststellen.

Das Interesse der Schüler am Zoo erfuh durch das Zooprojekt keinen signifikanten Zuwachs, somit kann die Hypothese 1 („Das Interesse am Zoo nimmt durch das Zooprojekt zu.“) abgelehnt werden. Auch zwischen den Geschlechtern und den Schulformen ließ sich kein Unterschied feststellen. Dies kann dadurch begründet werden, dass die Frage nach dem Interesse am Zoo eine Korrelation mit der Frage nach dem Interesse zur Biologie aufweist (vgl. weiter unten) und dort ebenfalls keine Unterschiede festzustellen waren. Daher sind auch die Hypothese 2 („Das Interesse der Mädchen am Zoo ist größer als das der Jungen.“) und die Hypothese 3 („Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Zoo als die Oberschüler.“) abzulehnen. Der Mittelwert von 4 vor und nach dem Zoobesuch lässt darauf schließen, dass die Schüler vor der Durchführung des Zooprojekts im Durchschnitt bereits ‚großes‘ Interesse am Zoo aufwiesen, welches nur schwer zu steigern ist. Darüber hinaus gaben viele Schüler an, dass sie einen Besuch im Zoo weiterempfehlen würden, was ebenfalls als positives Signal gewertet werden kann. Dennoch soll hier ein Grund für den nicht signifikanten Zuwachs des Interesses angeführt werden. Ein Grund ist sicherlich der fehlende Bezug zum Unterricht. So war das Zooprojekt in den Klassen nicht in eine Unterrichtseinheit eingebettet, was jedoch das Interesse am außerschulischen Lernort positiv beeinflusst hätte.

Des Weiteren lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Interesse am Zoo und dem Interesse an Biologie aufzeigen. Besonders interessant bei diesen Ergebnissen ist, dass mehr als die Hälfte der Schüler (56 %) ein ‚mittelmäßiges‘ Interesse an Biologie angeben, aber gleichzeitig mehr als die Hälfte (66 %) dieser Schüler ein ‚großes‘ bzw. ‚sehr großes‘ Interesse am Zoo haben. Ein Grund hierfür könnte der Zoo als außerschulischer Lernort darstellen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Schüler den Begriff *Biologie* in der ersten Frage mit dem Biologieunterricht in der Schule gleichgesetzt haben. Der Zoo als außerschulischer Lernort ist im Vergleich zum Biologieunterricht in der Schule authentischer, da es im Zoo zur Originalbegegnung mit Tieren kommt und die Schüler biologische Phänomene primär beobachten und erfahren können. Dies wirkt motivierender und trägt demnach dazu bei, dass die Schüler interessierter am Zoo als an Biologie sind. Zudem ziehen Schüler oft außerschulische Lernorte der Schule vor, da sie die Schule aus ihrem täglichen Leben kennen und andere Lernorte daher neue Erfahrungen bieten.

Das Interesse der Schüler an Pinguinen nach der Durchführung des Zooprojekts hat sich signifikant erhöht, daher kann die Hypothese 4 („Das Interesse an Pinguinen nimmt durch das Zooprojekt zu.“) angenommen werden. Bei genauer Betrachtung zeigt sich, dass der Anteil der Schüler, deren Interesse sich nach dem Zoobesuch erhöht (33 %) hatte gegenüber dem Anteil der Schüler, die nach dem Zoobesuch ein geringeres Interesse (21 %) empfanden, überwiegt. Dieses Interesse kann als situationales Interesse gedeutet werden. Während des Zooprojekts wurden die Schüler durch die Beobachtung der Pinguine am Gehege einmalig motiviert, daraus resultiert die Interessiertheit und situationales Interesse entsteht. Während des Zooprojekts war es allerdings nur möglich,

die Phase der Introjektion zu durchlaufen. Daher kann hier durch die Catch-Komponente nur erstes situationales Interesse ausgebildet werden.

Bei diesen Ergebnissen zu der Frage zeigte sich bei den Geschlechtern kein Unterschied, bei den Schulformen hingegen sind die Oberschüler vor dem Zoobesuch interessierter an Pinguinen, das durch den Mittelwertvergleich von 3,9 (Oberschule) und 3,3 (Gymnasium) belegt wird. Dieser Unterschied kann allerdings nicht anhand der Ergebnisse des Fragebogens interpretiert werden und bedarf weiterer Forschung, da bei weiteren Fragenstellungen des Fragebogens nur sehr selten Unterschiede zwischen den Schulformen auftreten, die keine Verbindung untereinander aufzuweisen scheinen. Nach dem Zoobesuch ist dann auch kein Unterschied zwischen den Schulformen mehr messbar, das durch den p-Wert von 0,412 belegt wird. Somit können die Hypothesen 5 („Das Interesse der Mädchen an Pinguinen ist größer als das der Jungen“) und 6 („Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse an Pinguinen als die Oberschüler.“) abgelehnt werden.

Das Interesse der Schüler am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ hat sich durch das Zooprojekt nicht signifikant erhöht, somit kann die Hypothese 7 („Das Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ nimmt durch das Zooprojekt zu.“) abgelehnt werden. Auch die Hypothese 8 („Das Interesse der Mädchen am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ ist größer als das der Jungen.“) und die Hypothese 9 („Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte als die Oberschüler.“) kann abgelehnt werden, da lediglich der p-Wert von 0,042 nach dem Zoobesuch für die Schulformen einen signifikanten Unterschied aufweist, es sich allerdings bei der Betrachtung der Mittelwerte von 3,5 (Oberschule) und 3,2 (Gymnasium) zeigt, dass die Oberschüler nach dem Zooprojekt interessierter am Thema waren, als die Gymnasialschüler.

Auch das Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ kann als situational angesehen werden. Es scheint demnach so, dass die Schüler keinen Zustand der Interessiertheit während des Zooprojekts ausbildeten. Es wird beim situationalen Interesse davon ausgegangen, dass dies von den positiven Erlebnissen abhängt. Es besteht daher die Möglichkeit, dass die Schüler diese während des Zoobesuchs nicht erfahren haben. Gründe hierfür können in den zwei Phasen (Experimente, Tierbeobachtungen) des Projekts liegen, dessen Einflüsse auf das Interesse weiter unten diskutiert werden. Darüber hinaus wurde, wie erwähnt, das Zooprojekt in keiner Klasse in eine Unterrichtseinheit eingebettet, was nur zur einmaligen Beschäftigung während des Zoobesuchs mit dem Thema führte. Im Vorfeld waren nur einem Drittel der Schüler das Thema bereits aus der Schule bekannt, allerdings ließ sich keine Verbindung zwischen der Vorbereitung im Unterricht und dem Interesse am Thema aufzeigen und daher kann die Hypothese 18 („Schüler, die das Thema bereits in der Schule behandelt haben, weisen vor der Durchführung des Zooprojekts ein größeres Interesse am Thema auf“) abgelehnt werden. Dies zeigt, dass die vier Merkmale des Interesses (Selbstbestimmtheit, emotionale Komponente, kognitive Komponente, wertbezogene Komponente) bei diesen Schülern nicht zum Tragen kommen.

Bei den Schülern, die nach eigener Aussage noch nie mit dem Thema in Berührung gekommen sind, kann von einer neutralen Ausgangshaltung (Indifferenz) gesprochen werden, die entscheidend für die Ausbildung von Interesse oder Desinteresse ist. Während des Zooprojekts wurden die Schüler vorwiegend extrinsisch durch die Pädagogen im Zoo motiviert sich mit dem Thema zu beschäftigen. Aufgrund der Ergebnisse kann daraus geschlossen werden, dass kein situationales Interesse auf Seiten der Schüler erzeugt werden konnte, somit kommt hier die Catch-Komponente nicht zum Tragen, obwohl die Schüler durchaus an dem Lerngegenstand Pinguin ein erhöhtes Interesse zeigten.

Das Interesse der Schüler am Experimentieren hat sich sehr signifikant verändert, was der p-Wert von 0,001 zum Ausdruck bringt. Allerdings zeigt der Vergleich der Mittelwerte vor und nach dem Zoobesuch eine deutliche Abnahme des Interesses von 5,28 auf 4,97. Das Interesse an den Tierbeobachtungen hat sich durch den Zoobesuch nicht signifikant verändert, wie der p-Wert von 0,096 belegt. Somit kann die Hypothese 10 („Das Interesse am Experimentieren und an Tierbeobachtungen nimmt durch den Zoobesuch zu“) abgelehnt werden.

Auch konnte vor und nach der Durchführung des Zooprojekts ein sehr signifikanter Unterschied zwischen den beiden Tätigkeiten festgestellt werden (p-Wert 0,008 und 0,05). So waren die Schüler vor dem Zoobesuch stärker am Experimentieren interessiert, was der Vergleich der Mittelwerte von 5,28 (Experimentieren) und 5 (Tierbeobachtungen) belegt. Nach dem Zoobesuch zeigten die Schüler hingegen ein höheres Interesse an den Tierbeobachtungen. Der Mittelwert lag bei den Tierbeobachtungen bei 5,13 und beim Experimentieren nur noch bei 4,97. Die Gründe für das sinkende Interesse am Experimentieren und das steigende Interesse an den Tierbeobachtungen sind vielschichtig. Das Interesse der Schüler an Experimenten war vor dem Zoobesuch höher, weil die Schüler in der Schule vermutlich eher selten oder noch nie Experimente durchgeführt haben. Das Unbekannte kann einen gewissen Reiz ausmachen, da Schüler sich unter Tierbeobachtungen eventuell leichter etwas vorstellen können als unter dem Begriff des Experimentierens. Hier können auch die Erzählungen älterer Schüler eine Rolle spielen. Allerdings lassen sich auch mithilfe der Erkenntnisse über das Interesse während des Experimentierens Erklärungen finden. So wurden die Schüler beim Experimentieren intellektuell beansprucht, allerdings waren einige mit der Formulierung der Fragestellung und der Hypothese, sowie auch der Auswertung und der anschließenden Übertragung der Ergebnisse auf die Pinguine überfordert. Ebenso waren einzelne Schüler nicht in der Lage den Sinn des Experiments zu erfassen, da ihnen das Ziel fehlte. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass ein paar Gruppen nicht die erwarteten Ergebnisse erhielten. Bei einigen lag der Fehler in der Durchführung, bei anderen Gruppen hingegen war der Grund nicht erklärbar. Aufgrund des Zeitmangels und der geringen Erfahrung der Schüler mit Experimenten wurde ihnen die Durchführung bereits vorgegeben, dies minderte allerdings den Grad der Selbstbestimmung, da die Schüler sich nicht selbst eine Durchführung überlegen konnten, sondern an die Beschreibung im Forscherheft gebunden waren. Diese

Argumente könnten Gründe für die Abnahme des Interesses am Experimentieren darstellen. Dies traf jedoch nicht auf alle Schülergruppen zu und so sank das Interesse am Experimentieren zwar, blieb aber dennoch mit einem Mittelwert von 4,97 auf einem hohen Niveau, da bei einigen Schülern die zuvor genannten Punkte erfüllt wurden.

Bei den Tierbeobachtungen war das Lernen der Schüler wesentlich selbstgesteuerter, dies kann sich demnach positiv auf die Ausbildung des situationalen Interesses auswirken. Darüber hinaus können die Ergebnisse auch mithilfe der Selbstbestimmungstheorie erklärt werden, die auf drei basic needs zurückgreift. Bei den Beobachtungsaufgaben am Gehege durften die Schüler ihre Gruppen selbst wählen, dies entspricht der sozialen Eingebundenheit. Durch die selbstständige Wahl der Gruppenmitglieder ist das Zugehörigkeitsgefühl der einzelnen Mitglieder zu der Gruppe sehr groß und die Schüler fühlen sich von ihren Gruppenmitgliedern akzeptiert. In der Zooschule wurden die Experimentalgruppen hingegen gelost, da bei der Durchführung der Experimente eine hohe Konzentration seitens der Schüler erforderlich war und daher sie seltener durch ihre Freunde und Privatgespräche abgelenkt werden sollten. Diese Vorgehensweise wurde auch von den Lehrern begrüßt, führte aber in Einzelfällen dazu, dass die soziale Eingebundenheit nicht erfüllt wurde. Des Weiteren spielt auch die Autonomie eine Rolle. Bei den Beobachtungsaufgaben am Gehege waren die Schüler weitestgehend selbst für ihr Handeln verantwortlich. Da die Aufgabentypen gut von den Schülern zu bewältigen waren, konnten sie vornehmlich ohne Kontrolle durch die Lehrpersonen ausgeführt werden. Das führte zu einem größeren Autonomiegefühl seitens der Schüler als es in der Zooschule der Fall war. Dort benötigten die Schüler gelegentlich Hilfe. Zudem musste die Durchführung der Experimente kontrolliert werden und bei Bedarf helfend eingeschritten werden, da die Schüler noch wenig bis keine Erfahrungen und damit verbundene Übung mit dieser Tätigkeit hatten. Durch das Eingreifen des Lehrers sollten falsche Ergebnisse, die zu falschen Schlussfolgerungen führen, verhindert werden, verminderten allerdings auch das Autonomiegefühl der Schüler. Darüber hinaus spielt das Kompetenzerleben eine Rolle. Aus den vorherigen Ausführungen lässt sich ableiten, dass die Schüler die Aufgaben am Gehege eigenständig bewältigen können, bei den Experimenten hingegen waren einige Schüler überfordert. Zudem sollte angemerkt werden, dass es bei der Erstellung des Zooprojekts schwierig war, die einzelnen Leistungsniveaus der Schüler zu berücksichtigen, wie es das basic needs fordert, da das Niveau der Klassen vorher nicht ausreichend bekannt war.

Aus diesen Ausführungen zu der Selbstbestimmungstheorie kann angenommen werden, dass die Schüler bei den Tierbeobachtungen eher positive Erlebnisse erfahren haben als bei den Experimenten. Von eben diesem Umstand hängt auch die Ausbildung des situationalen Interesses ab.

Vermutlich spielt bei dem Sinken des Interesses am Experimentieren und der gleichzeitigen Erhöhung des Interesses an den Tierbeobachtungen ebenfalls auch die räumliche Umgebung, in der die Tätigkeiten stattgefunden haben, eine Rolle. So wurden die Experimente in der Zooschule durchgeführt. Dieser geschlossene Raum

erinnert eher an einen Klassenraum als das Außengelände des Zoos, auf dem die Beobachtungsaufgaben ausgeführt wurden. Somit könnte hier auch die besondere Lernumgebung bei der Ausbildung des situationalen Interesses eine Rolle spielen.

Ebenso sind die Merkmale des Interesses bei den Tierbeobachtungen ausgeprägter. So spielen bei dieser Tätigkeit vor allem die emotionale und die wertbezogene Komponente eine große Rolle. Schüler können diese eher auf die Tiere beziehen. Zudem war die Tierbeobachtung, wie erwähnt, selbstbestimmter.

Bei den Experimenten ließ sich weder ein Unterschied bei den Geschlechtern noch ein Unterschied bei den Schulformen durch die p-Werte belegen. Bei den Tierbeobachtungen gab es nach dem Zoobesuch einen Unterschied zwischen den Geschlechtern. So waren die Mädchen im Durchschnitt an Tierbeobachtungen interessierter als die Jungen, was die Vermutungen vor dem Zoobesuch bestätigen. Allerdings waren die Jungen nicht interessierter am Experimentieren. Im Bezug auf die Schulformen ließ sich nur am Interesse an Tierbeobachtungen vor dem Zoobesuch ein Unterschied feststellen, der mithilfe der Ergebnisse nicht zu erklären ist. Somit können die Hypothesen 11 („Das Interesse der Jungen ist am Experimentieren größer, das der Mädchen an Tierbeobachtungen“) und 12 („Die Gymnasialschüler haben ein größeres Interesse am Experimentieren und an Tierbeobachtungen als die Oberschüler.“) abgelehnt werden.

Obwohl die Schüler nach dem Zoobesuch mehr Interesse an Tierbeobachtungen zeigten, empfanden laut Fragebogen mehr Schüler die Experimente als ‚sehr hilfreich‘ und ‚hilfreich‘ für das Verständnis des Themas. Somit kann die Hypothese 22 („Die Schüler sehen vor allem die Experimente als ‚sehr hilfreich‘ bzw. ‚hilfreich‘ an.“) angenommen werden und die Hypothese 23, wobei die Schüler die Tierbeobachtungen als hilfreicher eingeschätzt hätten, abgelehnt werden. Es kann damit begründet werden, dass die Schüler bei den Experimenten deutlicher einen Zusammenhang zum Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ erkennen konnten, als bei den Tierbeobachtungsaufgaben. Allerdings sollte das erhobene Ergebnis kritisch betrachtet werden, da 12 % der Schüler keine Angaben zu der Zweckmäßigkeit der Tierbeobachtungen machten, bei den Experimenten waren dies nur 4%. Es scheint, als ob einige Schüler die Möglichkeit, Kreuze bei den Tierbeobachtungen zu setzen, übersehen haben und somit das Ergebnis nicht exakt der Realität entspricht.

Obwohl sich das Interesse der Schüler nur im Bereich der Pinguine signifikant erhöht hat, würden dennoch 89 % der Schüler den Zoo weiterempfehlen und nur 6 % sprachen sich dagegen aus. Daraus lässt sich schließen, dass den Schülern der Zoobesuch und damit verbunden das Zooprojekt im Großen und Ganzen gefallen hat. Auch die vorherige offene Fragestellung mit den Antworten der Schüler lässt darauf schließen, da bei dieser Frage von einigen Schülern Elemente des Zooprojekts (Experimente, Tierbeobachtungen, Pinguine, Beobachtungsaufgaben) genannt wurden.

Als Übergang zum Bereich des Fachwissens wird nun letztlich die Fragestellung diskutiert, bei der die Schüler die Begriffe, die für sie zum Experimentieren gehören, ankreuzen sollten. Hierbei wird schon auf den theoretischen Hintergrund in Kapitel

2.2.5 zurückgegriffen. Der Mittelwert von 2,7 nach dem Zoobesuch gegenüber dem Mittelwert von 1,8 vor dem Zoobesuch zeigt, dass die Schüler ihr Fachwissen erweitert haben, aber dennoch auch nach dem Zooprojekt nicht die Begriffe, die zum Experimentieren gehören, vollständig und korrekt angeben können. Damit kann die Hypothese 21 („Die Schüler können nach dem Zoobesuch die Begriffe des Experimentieren vollständig und korrekt angeben.“) abgelehnt werden. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Anzahl der Begriffe zu groß ist. Die Schüler waren nicht in der Lage, die Information in Wissen umzuwandeln. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass die einmalige Beschäftigung mit dem Ablauf eines Experiments nicht dazugeführt hat, dass die Schüler alle richtigen Begriffe bei der Multiple-Choice Aufgabe wiedererkennen. Dies würde vermutlich erst nach mehrmaliger Wiederholung der Fall sein.

### **7.1.2 Diskussion der Ergebnisse im Bereich des Fachwissens**

Das Fachwissen, das im Fragebogen erhoben wurde, kann dem expliziten Wissen zugeordnet werden, da dieses im Gegensatz zum impliziten Wissen verbalisierbar ist und somit gezielt abgefragt werden kann. Des Weiteren kann aufgrund der einwöchigen Verzögerung des Post-Tests davon aufgegangen werden, dass die Schüler im Fragebogen nicht auf Informationen zurückgreifen konnten, die sie während des Zooprojekts aufgenommen haben. Vielmehr wird in den Fragebögen ihr Wissen ermittelt, da das Wissen im Gegensatz zur Information auf Dauer angelegt ist (vgl. Kapitel 2.2.5). Im Fragebogen wurden zwei Aufgabentypen verwirklicht, um das Wissen abzufragen. Bei den Multiple-Choice Aufgaben handelte es sich vor allem um das Wiedererkennen von Inhalten, die in der Zooschule gelehrt wurden. Bei den drei offenen Fragen im Bereich des Fachwissens mussten die Schüler besonders bei den letzten beiden Fragen zeigen, dass sie die Experimente verstanden haben und die Ergebnisse auf Pinguine beziehen können und somit zeigen, dass sie ihr Wissen bei der Beantwortung der Frage anwenden können.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich das Fachwissen der Schüler über Pinguine insgesamt signifikant erhöht hat (p-Wert 0,018). Somit kann die Hypothese 13 („Das Fachwissen nimmt durch das Zooprojekt zu.“) angenommen werden. Die Hypothese 14 („Der Zuwachs des Fachwissens bei den Mädchen ist größer.“) kann hingegen nicht bestätigt werden (p-Wert 0,428 und 0,460). Ebenso muss auch die Hypothese 15 („Der Zuwachs des Fachwissens ist bei den Gymnasialschülern höher als bei den Oberschülern.“) abgelehnt werden, da die beiden p-Werte von 0,335 zeigen, dass kein Unterschied zwischen den Schulformen messbar ist.

Bei der Darstellung der Ergebnisse zeigte sich, dass sich die Gesamtpunktzahl der Schüler auf einem sehr niedrigen Niveau befindet. Ein Grund hierfür könnte das Auswertungsschema (vgl. 5.1.3) sein. Der Abzug eines Punktes aufgrund eines falschen

Kreuzes kann als eine Ursache angesehen werden. Allerdings wurde trotzdem darauf zurückgegriffen, da sonst die Ergebnisse einen zu positiven Eindruck vermittelt hätten. Bei der genaueren Betrachtung der einzelnen Fragen zeigt sich, dass sich das Fachwissen der Schüler lediglich bei den ersten beiden und der letzten Frage des Fragebogens keine signifikante Veränderung erfahren hat. Ein Grund hierfür ist zumindest bei der Frage nach der Klassenzugehörigkeit der Pinguine der hohe prozentuale Anteil der richtigen Antworten, die bereits vor dem Zoobesuch gegeben wurden. Die Gründe bei der zweiten Frage nach dem Lebensraum der Pinguine sind vielfältiger. Die detaillierte Betrachtung der Ergebnisse zeigt, dass die Schüler nach dem Zoobesuch vermehrt die gesamte Südhalbkugel angaben. Es besteht daher die Möglichkeit, dass einige Schüler nicht mehr zusätzlich den Äquator und den Südpol ankreuzten, da diese Antwortmöglichkeiten bereits in der Antwort „Südhalbkugel“ mit eingeschlossen sind. Ebenso weisen die Schüler in diesem Alter nur eine geringe Orientierung auf der Erde und eine geringe Kenntnis der Himmelsrichtungen auf und bringen eventuell die verschiedenen geographischen Orte und deren Fachtermini durcheinander. Des Weiteren fehlte während der Durchführung des Zooprojekts aus Zeitgründen die Ergebnissicherung bzw. die fünfte Stufe des forschend-entwickelnden Lernens. An dieser Stelle erscheint sie allerdings erforderlich, sodass die Schüler die Antworten leichter verinnerlichen können und somit zu einer Reproduktion des Wissens fähig sind. Das Problem der fehlenden Ergebnissicherung trifft ebenfalls auch auf die letzte Frage zu. Bei dieser offenen Frage, wie sich Pinguine vor Wärme schützen können, konnten die Schüler vor und nach dem Zooprojekt nur wenige Antworten geben (Mittelwerte: 0,14 und 0,17). Es scheint, als ob die Schüler aus persönlicher Erfahrung eher den Schutz vor Kälte kennen und daher nicht über Vorwissen verfügen, welches sie mit dem neu erlernten Wissen verknüpfen können. Darüber hinaus war ihnen vermutlich nicht immer bewusst, warum sich Pinguine vor Wärme schützen müssen, da vor dem Zooprojekt ein Großteil der Schüler davon ausgegangen ist, dass Pinguine lediglich in kalten Gebieten vorkommen. Daher sind den Schüler die Antworten für den Schutz vor Kälte bei Pinguinen besser im Gedächtnis geblieben, was auch der signifikante Zuwachs ( $p$ -Wert = 0,011) belegt.

Besonders auffällig war der sehr signifikante Zuwachs der Antworten bei der sechsten Frage nach dem Vorteil der Farbe des Gefieders. Das Experiment, das die Schüler hierzu selbstständig am Gehege durchführen sollten, war sehr anschaulich, leicht verständlich und die Ergebnisse daher sehr einprägsam. Dies könnte daher ein Grund für den enormen Zuwachs der richtigen Antworten darstellen.

Auch bei der dritten Frage („Was können Pinguine im Gegensatz zu vielen anderen Vögeln nicht?“) konnte ein signifikanter Unterschied ( $p$ -Wert = 0,031) festgestellt werden. Allerdings zeigte sich hier, dass die Schüler vor dem Zoobesuch die richtige Antwort „Fliegen“ weitaus häufiger angaben, als hinterher. Dies lässt darauf zurückzuführen, dass die Schüler die Antwort im Zusatzexperiment in der Zooschule herausfinden sollten. Allerdings wurde der Versuch nur von wenigen Gruppen durchgeführt und die Schüler nannten daher nach dem Zooprojekt vermehrt andere

Eigenschaften des Pinguins, die sie im Zoo beobachtet haben. Daher nahm der prozentuale Anteil der Antworten vermutlich ab.

Die fünfte Frage nach dem Antrieb der Pinguine im Wasser erfuhr ebenfalls einen sehr signifikanten Zuwachs. Es zeigt sich, dass Schüler Ergebnisse, die sie nicht nur hören, sondern auch zeichnen müssen, wie es bei diesem Arbeitsauftrag der Fall war, sich eher einprägen und in Wissen umwandeln.

Vor dem Zoobesuch wurde angenommen, dass das Fachwissen mit dem Interesse korreliert. Allerdings konnte dies durch die empirische Erhebung nicht belegt werden. Die Hypothese 16 („Je größer das Interesse vor dem Besuch des Zoos an Pinguinen, desto größer ist auch der Zuwachs an Fachwissens.“) kann aufgrund des p-Werts von 0,282 abgelehnt werden. Gleiches gilt auch aufgrund des p-Werts von 0,367 für die Hypothese 17 („Je größer das Interesse vor dem Besuch des Zoos am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“, desto größer ist auch der Zuwachs an Fachwissen“). Daher zeigt sich, dass das Interesse zwar wichtig für den Lernerfolg ist, allerdings nicht entscheidend für den Lernzuwachs scheint. Auch Schüler, die angaben nicht sehr interessiert an Pinguinen und dem Thema zu sein, konnten demnach einen Wissenszuwachs verzeichnen.

Ebenso sollte herausgefunden werden, wie sich die Vorbereitung des Zooprojekts im Schulunterricht auf das Fachwissen auswirkt. Dabei wurde vor der Durchführung im Zoo angenommen, dass Schüler, die das Thema bereits in der Schule behandelt haben, vor der Durchführung des Zooprojekts ein höheres Fachwissen aufweisen (Hypothese 19). Dies kann allerdings abgelehnt werden (p-Wert 0,408). Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Schüler nicht direkt vor dem Zoobesuch das Thema im Schulunterricht behandelt haben, sondern dass die Einheit bereits weiter zurückliegt und die Schüler bereits Gelerntes zum Teil wieder vergessen haben. Ein weiterer Faktor könnte sein, dass sie keinen direkten Zusammenhang zwischen dem bereits Gelernten und dem Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ erkennen konnten, da davon auszugehen ist, dass der Unterricht eher Allgemeingültiges zum Thema aufgreift und nicht ein spezielles Tier behandelt. Ebenfalls stellte sich die Hypothese 20 („Schüler, die das Thema noch nicht in der Schule behandelt haben, weisen nach dem Zoobesuch einen größeren Lernzuwachs auf, als Schüler, die das Thema bereits behandelt haben.“) aufgrund des p-Werts von 0,461 als falsch heraus. Da Schüler, die das Thema bereits behandelt haben, schon vor dem Zooprojekt kein höheres Fachwissen als ihre Mitschüler aufweisen, scheint es so, als ob beiden Schülergruppen in gleichem Maße hinzugelernt haben.

Abschließend kann demnach festgehalten werden, dass das forschend-entwickelnde Lernen zwar eine hohe Schülerzentrierung aufweist, aber dennoch bei jungen Schülern der Lehrer helfend gefordert ist. Besonders die fünfte Stufe der Wissenssicherung ist von Bedeutung für den Anstieg von Wissen, dies gilt besonders für Sachverhalte, bei denen die Schüler nur ein geringes Vorwissen aufweisen. Ein Ziel des Schulunterrichts der untersuchten Klassen müsste demnach eine Vertiefung des Fachwissens sein. Nur so

kann das zum Teil falsche explizite Wissen, dass die Schüler im Zoo erworben haben und sich durch die Fragebögen gezeigt hat, nachhaltig korrigiert werden.

### 7.1.3 Diskussion der Mindmaps

Bei der Diskussion der Mindmaps wird ebenfalls auf das Fachwissen (Kapitel 2.2.5) zurückgegriffen.

Zunächst kann festgehalten werden, dass sich die Anzahl der Vorstellungen nicht verändert hat. Dies belegt der p-Wert von 0,105. Daher kann die Hypothese 24 („Die Anzahl an Vorstellungen der Schüler verändern sich durch das Zooprojekt“) abgelehnt werden. Die Hypothese 25 („Die Anzahl der Vorstellungen der Mädchen sind größer als die der Jungen.“) kann hingegen bestätigt werden (p-Wert  $1,542 \cdot 10^{-06}$ ). Dies lässt sich allerdings nicht anhand der empirischen Erhebung erklären, da die Mädchen im Bereich des Fachwissens keinen größeren Lernzuwachs aufweisen als die Jungen und bedarf daher weiterer Forschung. Die Hypothese 25 („Die Anzahl der Vorstellungen der Gymnasialschüler sind größer als die der Oberschüler.“) kann abgelehnt werden, da kein Unterschied zwischen den Schulformen besteht.

Die rund vier korrekt gegebenen Antworten von möglichen zwölf vor und nach dem Zoobesuch zeigten, dass die Schüler nur wenig richtige Vorstellungen über den Pinguin in den Pre-Mindmaps geäußert haben und sich dies auch nach der Durchführung des Zooprojekts nicht änderte. Die Gründe hierfür sind vielfältig.

Einer ist sicherlich, dass einige Schüler nicht in jedem Kästchen etwas notierten. Jedoch fiel bei der Auszählung der richtigen Antworten auf, dass auch einige falsche Vorstellungen notiert wurden. Ebenso verstanden einige Schüler die Gestaltung der Mindmaps nicht richtig und notierten in den Kästchen Wörter wie z. B. Kopf oder auch Fuß. Diese Antworten wurden nicht als korrekt gewertet.

Zudem besteht die Möglichkeit, dass die Schüler während der Durchführung des Zooprojekts viele Informationen gewonnen haben, die nicht alles in Wissen umgewandelt werden konnten und daher nicht auf Dauer angelegt sind. Dies könnte an der Vielfalt von neuen Eindrücke im außerschulischen Lernort im Gegensatz zur Schule liegen oder auch an der Fülle der gegebenen Informationen rund um den Pinguin.

Zudem verfügen die Schüler vermutlich über ein größeres implizites Wissen, dass sie allerdings nicht formulieren konnten, was jedoch in den Mindmaps gefordert war. Ein Indiz hierfür ist, dass sich das Fachwissen der Schüler nach der Durchführung des Zooprojekts erhöht hat (vgl. Kapitel 7.1.2), sich dies jedoch nicht in den Mindmaps anhand der korrekt gegebenen Antworten zeigte. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass im Fragebogen bei den Multiple-Choice Aufgaben im Bereich des Fachwissens das Element *Wiedererkennen* eine Rolle spielte, in den Mindmaps allerdings das Reproduzieren von Fakten zentral war. Dies gestaltete sich für Schüler schwieriger als das Wiedererkennen. Zudem mussten die Schüler für die Reproduktion

die Inhalte des Zooprojekts verstanden haben, was bei einigen Schülern vermutlich nicht gegeben war und somit das Wissen schwerer im Gedächtnis bleibt.

Zusammenfassend soll nun im Anschluss an die Diskussion der drei Bereiche die Forschungsfrage, ob eine Veränderung des Interesses, des Fachwissens und der Anzahl der Vorstellungen durch das Zooprojekt erreicht wurde, beantwortet werden. Es konnte nur im Bereich des Fachwissens eine Erhöhung durch das Zooprojekt gemessen werden. Das Interesse und auch die Anzahl der Vorstellungen haben sich durch das Zooprojekt nicht verändert.

## **7.2 Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Studie**

Die Ergebnisse aus den Interviews und den Mindmaps zeigen insgesamt, dass sich die Vorstellungen der Schüler besonders im Hinblick auf die Konzepte durch das Zooprojekt teilweise veränderten. Im Großen und Ganzen haben alle Schüler auf unterschiedliche Art und Weise die Inhalte des Zooprojekts verinnerlicht und gaben sie bei den Abschlussinterviews sowie bei den Post-Mindmaps wieder. Im Folgenden werden nun die Ergebnisse der beiden Erhebungsmethoden anhand der drei Hypothesen erörtert. Die Ergebnisse werden zunächst allgemein diskutiert. Anschließend werden die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens und die Conceptual Change-Theorie (vgl. Kapitel 2.2.3.2 und 2.2.3.3) zur Diskussion der Ergebnisse herangezogen. Abschließend erfolgt eine Erörterung der Ergebnisse beider Erhebungsmethoden im Vergleich.

### **7.2.1 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Interviews**

*Hypothese 1: Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten durch das Zooprojekt zunimmt.*

Die erste Hypothese kann angenommen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass in den Interviews nach dem Zooprojekt Schüler vermehrt Konzepte nutzten, um bestimmte Sachverhalte zu beschreiben. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass dies nicht in allen Themenbereichen gleichermaßen der Fall war. Es gab Schüler, die zu einem Themengebiet konkretere Vorstellungen hatten als zu einem anderen. Einige äußerten besonders in der Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ Vorstellungen, die auf fachlichen Hintergründen basierten, auch wenn diese nicht immer biologisch korrekt formuliert wurden. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass einige der interviewten Schüler den Versuch „Kartoffeln mit Nägeln“ durchführten, der die entsprechende Thematik aufgriff, oder aber manche aufmerksamer die Präsentation der anderen Gruppenergebnisse verfolgten.

Die Schüler waren nach dem Zoobesuch in der Lage, bestimmte Sachverhalte nicht nur mithilfe ihrer alltäglichen bzw. vorunterrichtlichen Vorstellungen zu erklären, sondern konnten sich vermehrt auch durch fachwissenschaftliche Vorstellungen bestimmte

Inhalte herleiten. Insgesamt konnte dabei kein Unterschied zwischen den Gymnasialschülern und dem Oberschüler festgestellt werden. Dies kann dadurch erklärt werden, dass es sich bei allen Interviewten um leistungsstarke Schüler handelte und auch in der Oberschule Schüler mit gymnasialen Ansprüchen und Lernfähigkeiten unterrichtet werden. Eine weitere Erklärung lässt sich allerdings anhand der geringen Anzahl von Oberschülern nicht geben. Außerdem stand im Rahmen der Untersuchung der Interviews der Vergleich zweier Schulformen nicht im Vordergrund.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Kategorie ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ zeigen, dass die Schüler vor dem Zoobesuch den Pinguin meist nur mit kalten Gebieten, wie der Antarktis, in Verbindung brachten. Obwohl die meisten Schüler Pinguine kennen, konnten sie sich nicht vorstellen, dass der Pinguin auch in warmen Regionen vorkommt. Die Schüler schienen bisher kaum fachliche Vorstellungen über den Lebensraum entwickelt zu haben. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Pinguine in den Medien meistens nur im Zusammenhang mit kalten Umgebungen dargestellt werden. Da heutzutage die Medien, wie Fernsehen und Computer, zur alltäglichen Freizeitbeschäftigung für viele Schüler geworden sind, verbinden sie den Lebensraum von Pinguinen in erster Linie mit kalten Temperaturen. Erst durch das Zooprojekt wurde den meisten von ihnen klar, dass Pinguine auch in warmen Gebieten leben. Ausschlaggebend hierfür kann der Arbeitsauftrag am Gehege gewesen sein, bei dem die Schüler die drei Pinguinarten Kaiserpinguin, Humboldtpinguin und Galapagospinguin in Form von Holzfiguren ausmessen, ihr Vorkommen auf der Südhalbkugel herausfinden und in eine Weltkarte in ihrem Forscherheft eintragen sollten. Bei den Interviews war hierbei zunächst der Bildimpuls 2 (vgl. Anhang A9b), der vor und nach dem Zoobesuch eingesetzt wurde, bedeutend dafür, dass einige Schüler plausible Konzepte zum Größenunterschied der Pinguine in den unterschiedlichen Lebensräumen beschreiben konnten. Kein Schüler benutzte jedoch den Begriff *Bergmann-Regel*, um das Konzept zu benennen. Dies lag wahrscheinlich daran, dass sowohl bei den Aufgaben am Gehege als auch bei den Experimenten aus zeitlichen Gründen keine Sicherung der Ergebnisse stattfand, wobei explizit auf diese Regel hingewiesen werden konnte. Die Ergebnisse der Arbeitsaufträge am Gehege wurden vor Ort zwar durchgesehen und die Schüler auf Fehler hingewiesen, die zu berichtigen waren, aber sie wurden nicht im Einzelnen mit der Gruppe besprochen. Es kann vermutet werden, dass die Schüler daher nicht immer die korrekten Antworten verinnerlicht haben. Auch bei den Experimenten in der Zooschule wurden die Ergebnisse im Hinblick auf die biologischen Hintergründe nicht im Detail erläutert, sondern nur nebenbei mit einzelnen Gruppen während der Experimente besprochen. Die Ergebnisse wurden lediglich von den Schülern präsentiert und Fehler diskutiert, aber keine Lösungen an die Tafel geschrieben, damit die Kinder diese übernehmen konnten, da hierfür die Zeit fehlte. Es ist festzuhalten, dass besonders für jüngere Schüler eine Ergebnissicherung zur Festigung des Wissens von großer Bedeutung ist. Es reicht nicht aus, wichtige Begriffe nur am Rande zu erwähnen.

Die Ergebnisse der zweiten Kategorie ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ sind sowohl vor dem Zoobesuch als auch danach sehr ähnlich. Die meisten Schüler können sich vorstellen, dass Pinguine durch ihre Fettschicht und ihre Federn vor Kälte geschützt sind. Diese Vorstellungen sind vermutlich aus dem Vergleich mit anderen Tieren entstanden, die sie von zu Hause oder Freunden kannten. Da Tiere sich nicht mit Kleidung wärmen können, stellten sie sich vor, dass eben die Körperbedeckung die Tiere wärmt. Hieraus könnte auch abgeleitet werden, dass zwei Schüler glaubten, Pinguine verlieren ein paar Federn, damit ihnen nicht zu warm wird. Der Umstand, dass auch nach dem Zoobesuch nur wenige Schüler ein Konzept dazu hatten, wie sich der Pinguin auch im Wasser mit seinen Federn vor Kälte schützt, ergibt sich daraus, dass die Schüler das Experiment „Dickes Fett“ nicht selbst durchgeführt haben und damit den entsprechenden Informationstext nicht lesen konnten. Weitere Gründe könnten sein, dass sie bei der Präsentation der Gruppenergebnisse nicht aufmerksam zuhörten oder aber nicht nachvollziehen konnten, wie genau die Federn den Pinguin auch im Wasser vor Kälte schützen. Die meisten Schüler schienen sich die Federn nicht genau angeschaut zu haben, ansonsten hätten sie sich nach dem Zooprojekt eher vorstellen können, dass auch das Aussehen der Pinguinfedern etwas mit dem Kälteschutz zu tun hat. Wie die Ergebnisse zeigen, konnte dies nur eine Schülerin.

Die dritte Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ umfasst einerseits Konzepte der Schüler zum Wärmen des Körpers eines Pinguins und andererseits Konzepte zum Kühlen des Körpers. Pinguine haben die Möglichkeit, ihre Körperdurchblutung so zu regulieren, dass einige Arten in sehr kalten Gebieten leben können und andere hingegen in warmen. Die Feststellung, dass kaum Schüler vor dem Zoobesuch eine Vorstellung dazu äußerten, wie sich Pinguine vor Kälte bzw. vor Wärme, außer durch eine besondere Körperbedeckung, schützen, könnte damit zusammenhängen, dass die Schüler bis dahin das Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ im Unterricht noch nicht behandelt haben. Die Vorstellungen, die manche Schüler äußerten, können nur auf Vorstellungen aus dem Alltag zurückgeführt werden, die die Kinder in ihrer Freizeit entwickelten. Zwei Schüler hatten lediglich vor dem Zoobesuch ein Konzept dazu, wie Pinguine mit warmen Außentemperaturen umgehen können. Auch bei diesen Vorstellungen muss es sich um vorunterrichtliche Vorstellungen gehandelt haben. Einer dieser beiden Schüler konnte mit der Wärmeabgabe den Begriff *Hecheln* verbinden. Wahrscheinlich hat er sich bereits vor dem Zoobesuch schon einmal mit diesem Thema beschäftigt. Der Grund dafür, dass die Schüler vermehrt nach dem Zoobesuch Konzepte zu dieser Kategorie entwickelten, kann auch hier wieder mit der Durchführung der passenden Experimente zusammenhängen.

*Hypothese 2: Es wird angenommen, dass die Schüler durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern gebrauchen.*

Die zweite Hypothese kann widerlegt werden. Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Schüler insgesamt sehr wenig bis gar keine Metaphern nutzten, um bestimmte

Zusammenhänge zu umschreiben. Es wurde davon ausgegangen, dass nach dem Zooprojekt vermehrt Metaphern gebraucht werden, weil es besonders für junge Schüler schwierig ist, biologische Zusammenhänge detailliert zu beschreiben. Sie neigen eher dazu, mit wenigen Worten komplexe Themen zu erklären. Obwohl die Schüler ihre Konzepte mit einfachen Worten beschrieben, griffen sie wider Erwarten nicht auf Metaphern zurück. Im Unterschied zu den Gymnasialschülern nutzte der Oberschüler keine Metaphern. Da aber insgesamt nur sehr wenige gebraucht wurden, kann nicht von einem Unterschied gesprochen werden, da auch einige Gymnasialschüler keine Metaphern verwendeten. Außerdem ist das Verhältnis von sechs Gymnasialschülern zu einem Oberschüler in diesem Fall nicht dafür geeignet, von Unterschieden auszugehen. In der Kategorie ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ ließen sich keine Metaphern finden. Die Schüler konnten vor dem Zoobesuch zu diesem Zusammenhang lediglich den Bildimpuls beschreiben, ohne dabei auf Metaphern zurückzugreifen. Da die einzelnen Aspekte Lebensraum und Größe von den Schülern nur oberflächlich erklärt wurde, kann angenommen werden, dass sie keine Metaphern brauchten, um einen komplexen Zusammenhang in einfachen Worten darzustellen. Aber auch nach dem Zooprojekt traten nicht viele Metaphern in den Vorstellungen der Schüler auf. Die fachlichen Wörter, die sie kannten, nutzten sie, um die Fragen zu beantworten und ihre Vorstellungen zu äußern.

In der Kategorie ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ tauchten mehrere Metaphern in den Interviews vor und nach dem Zoobesuch auf. Es handelt sich dabei um Metaphern zum Bereich *Anziehen*. Die Metapher *Fell* deutet darauf hin, dass die Schüler damit etwas verbinden, was den Pinguin wärmt. Sie wissen aus eigener Erfahrung, dass sie sich Kleidung anziehen müssen, wenn sie frieren. Sie übertragen diese Bedeutung auf das Fell und können somit erklären, dass der Pinguin nicht friert. Der Begriff *Fell* ist für die Kinder alltäglicher als das Wort *Federn*, da die meisten Haustiere ein Fell haben, können sie diesen Begriff in ihren Vorstellungen schneller und einfacher abrufen. Die Metaphern *Jackett*, *Anzug* oder *Mantel* beziehen sich ebenfalls auf die Körperbedeckungen des Pinguins und können deshalb auch als Metaphern zum *Anziehen* bezeichnet werden. Die Metaphern *Jackett* und *Anzug* tragen nicht die Bedeutung des Wärmens, sondern beziehen sich auf das Aussehen des Pinguins. Ein Schüler beschrieb damit die Färbung des Gefieders. Zum einen kann dies darauf zurückgeführt werden, dass er aus verschiedenen Medien erfahren hat, dass die Färbung eines Pinguins einem *Anzug* oder einem *Jackett* ähnelt oder dass ihm die Begriffe bereits von zu Hause bekannt waren. Zum anderen kann es sein, dass der Schüler, den Inhalt des Experiments am Gehege verinnerlichte. Bei dem Experiment sollten die Schüler die Färbung des Pinguins beschreiben und die Vorteile erforschen. Auch die letzte Metapher *Mantel* lässt sich den Metaphern zum *Anziehen* zuordnen. Der Schüler stellte sich vor, dass die Körperbedeckung des Pinguins eine Art Mantel darstellt, der den Pinguin vor Kälte schützt. Der Begriff *Mantel* ist ihm wahrscheinlich aus dem Alltag bekannt und er weiß, dass ein Mantel zum Schutz vor kalten Temperaturen getragen wird, um den Körper warm zu halten.

Innerhalb der Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ konnte nur eine Metapher herausgefiltert werden. Obwohl sie nicht direkt mit der Regulierung der Durchblutung der Körperanhänge zusammenhängt, ließ sie sich dieser Kategorie zuordnen. Wie in den Ergebnissen beschrieben, nutzte der Schüler die Metapher *hecheln wie ein Hunde*, um auszudrücken, wie Pinguine ihre Körperwärme abgeben können. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Schüler diesen Aspekt in seiner Freizeit aufgegriffen hat, da das Thema Pinguine im Unterricht noch nicht behandelt wurde. Daher nutzte er die Metapher bereits im Startinterview vor dem Zoobesuch. Aus fachlicher Sicht ist es korrekt, dass Pinguine hecheln, um Wärme abgeben zu können. Der Begriff *Hecheln* wird meistens mit Hunden in Verbindung gebracht, da dieses Verhalten für Hunde üblich ist, wenn ihnen warm ist. Aus diesem Zusammenhang heraus ist wahrscheinlich auch die Metapher entstanden. Für den Schüler ist es der einfachste Weg, die Thematik der Wärmeabgabe zu beschreiben, da auch er vermutlich das Hecheln von Hunden kennt. Im Abschlussinterview benutzt der Schüler nur noch den Begriff *Hecheln*, da er davon ausgeht, dass der Begriff eben nicht nur auf Hunde zutrifft, sondern auch auf Pinguine. Der Begriff wurde zwar nicht explizit beim Zooprojekt aufgegriffen, kann aber bei individuellen Gesprächen mit Schülergruppen erwähnt worden sein.

*Hypothese 3: Es wird angenommen, dass durch das Zooprojekt die Anzahl an Denkfiguren zunimmt.*

Die dritte Hypothese kann bestätigt werden. Aus den Ergebnissen ergibt sich eine Denkfigur, die die Konzepte zur Regulierung der Durchblutung der Körperanhänge zusammenfasst. Einige Schüler argumentierten somit nach dem Zoobesuch im Sinne der Denkfigur ‚Adaptive Regulierung der Durchblutung‘. Sowohl Gymnasialschüler als auch der Oberschüler antworteten in Form von der Denkfigur, es war daher kein Unterschied zwischen den beiden Schulformen festzustellen. Obwohl es für junge Schüler allgemein schwierig ist, fachliche Inhalte mündlich wiederzugeben und ihre Vorstellungen plausibel zu beschreiben, die fachlich auch korrekt sind, ließ sich eine Denkfigur aus den Mindmaps herausfiltern.

Damit überhaupt Denkfiguren entwickelt werden können, sollten die biologischen Konzepte verinnerlicht und in Zusammenhang gebracht werden. Da die Formulierungen der Schüler hinsichtlich der Konzepte dieser Denkfigur sehr ungenau waren, wird angenommen, dass sich die Schüler nicht darüber bewusst waren, dass sie im Sinne einer Denkfigur antworteten. Die Schüler beschrieben zwar in Ansätzen die Konzepte der Denkfigur, wirkten bei ihren Antworten teilweise unsicher, was darauf schließen lässt, dass sie die Inhalte des Zooprojekt zum Thema ‚Anpassung an Wärme und Kälte‘ aufgenommen, aber noch nicht verinnerlicht haben. Obwohl die dritte Hypothese bestätigt werden kann, konnte festgestellt werden, dass nur sehr wenig Schüler in der Lage waren, verschiedene Konzepte zu einer Denkfigur zusammenzufügen.

## **7.2.2 Diskussion der Ergebnisse aus den Interviews hinsichtlich der Conceptual Change-Theorie und der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens**

Damit die Conceptual Change-Theorie auf die Ergebnisse der Interviews angewendet werden kann, ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass dies nur möglich ist, wenn überhaupt Vorstellungen bei den Schülern vorhanden sind. Wie die Ergebnisse zeigen, haben sich die Vorstellungen der Schüler nach dem Zoobesuch teilweise verändert. Diese Vorstellungsänderungen können nur eingeschränkt auf die in Kapitel 2.2.3.2 beschriebene Conceptual Change-Theorie von Posner und Strike zurückgeführt werden. Vorstellungen können sich nur verändern, wenn die vier Bedingungen Unzufriedenheit, Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit vorausgesetzt werden können. In den Interviews wurden die Schüler jedoch nicht hinsichtlich dieser vier Voraussetzungen befragt. Aus diesem Grund konnte bei den Vorstellungen der Schüler nicht überprüft werden, ob die Bedingungen für eine Vorstellungsänderung gegeben waren. Obwohl keine Unzufriedenheit der Schüler mit den alten Vorstellungen festzustellen war, ließen sich beim Abschlussinterview Veränderungen erkennen. Es kann angenommen werden, dass es aufgrund der Verständlichkeit zu Vorstellungsänderungen kam. In den Startinterviews zeigte sich, dass die Schüler zu einigen Themenbereichen keine plausiblen Erklärungen nannten. Allerdings schienen sie durch das Zooprojekt Sachverhalte vermittelt bekommen zu haben, die ihnen ein besseres Verständnis des Themas „Anpassung an Wärme und Kälte“ ermöglichten. Da es bei den Schülern zu Vorstellungsänderungen kam und vorunterrichtliche Vorstellungen teilweise durch fachliche ersetzt wurden, kann hier ebenfalls von einem Conceptual Change gesprochen werden.

Beispiele für einen Conceptual Change sind bei den Schülern hinsichtlich der Beschreibung des Lebensraumes der Pinguine festzustellen. Die Schüler Jana, Tim und Jorge zeigten nach dem Zoobesuch Vorstellungsänderungen hinsichtlich der Umgebungstemperatur der Lebensräume von Pinguinen. Die Schüler erfuhren durch das Zooprojekt, dass Pinguine nicht nur in kalten Gebieten leben, sondern eben auch in warmen Regionen vorkommen. Die alten Vorstellungen können zwar nicht als fehlerhaft bezeichnet werden, aber dennoch haben die Schüler erkannt, dass Pinguine nicht nur am Südpol, wo es sehr kalt ist, leben.

Auch bei den Konzepten zur Anpassung des Pinguins an Kälte und Wärme kam es bei einigen Schülern zur Veränderung der Vorstellungen. Im Bezug auf die Durchblutung der Körperanhänge waren bei den Schülern vor dem Zoobesuch so gut wie keine theorieähnlichen Konzepte zu diesem Thema erkennbar. Tim schien zwar über eine vorunterrichtliche Vorstellung verfügt zu haben, indem er davon ausging, dass die Wärmeabgabe bzw. -speicherung bei Pinguinen etwas mit den Füßen zu tun hat. Allerdings konnte er dies nicht weiter erläutern. Durch das Zooprojekt haben sich seine Vorstellungen verändert. Er konnte sich nun vorstellen, dass der Pinguin seine Durchblutung an den Flügeln und Füßen erhöhen oder verringern kann, damit er z. B. nicht friert. Auch Marie ging vor dem Zoobesuch noch davon aus, dass die Pinguine

sich in kalten Gebieten nur durch ihre Federn und die Fettschicht wärmen, andere hingegen in wärmeren Gebieten einige Federn verlieren müssten, damit sie ihren Körper kühlen können. Im Nachhinein haben sich auch ihre Vorstellungen verändert und sie kann erklären, dass die Füße manchmal mehr und manchmal weniger stark durchblutet werden. Sie konnte zwar immer noch nicht genau beschreiben, wie dies funktioniert, aber dennoch war eine Veränderung bei ihren Vorstellungen erkennbar.

Im Gegensatz zu der Conceptual Change-Theorie geht es bei der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens nicht um die Veränderungen, sondern sie bietet eine Erklärungsgrundlage für das Verständnis von Vorstellungen. Schüler sprechen häufig sehr undeutlich und drücken sich nicht klar aus, sie erfinden Wörter, um Inhalte zu beschreiben. Dies gilt besonders für jüngere Schüler. Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens beschäftigt sich mit dem Zusammenhang von Denken, Erfahrung und Sprache. Es wird davon ausgegangen, dass Sprache auf die kognitiven Vorstellungen von Menschen zugreifen kann. Besonders häufig kommen beim Sprechen und Denken sogenannte Metaphern vor, die einen zentralen Aspekt dieser Theorie darstellen. Bei der qualitativen Untersuchung der Interviews vor und nach dem Zoobesuch sollte überprüft werden, ob die Schüler nach dem Zoobesuch vermehrt Metaphern gebrauchten. Wie die Ergebnisse zeigen, äußerten die sieben interviewten Schüler nicht viele Metaphern, anhand derer ein bildhaftes Verständnis der Begriffe ermöglicht werden konnte (vgl. Kapitel 2.2.3.3).

Auffällig ist, dass die meisten Metaphern für die Körperbedeckung des Pinguins stehen. Die Struktur dieser Metaphern lässt sich in die drei Bereiche Ursprungsbereich, Zielbereich und Transfer einteilen. Es ist anzunehmen, dass die Schüler den Bereich der Körperbedeckung, auf den sich die Metapher bezieht, verstanden haben. Der sogenannte Zielbereich stellt dann den Begriff dar, auf den sich die Metapher bezieht. In diesem Fall lautet der Zielbereich *Fell* oder *Mantel*. Der dritte Bereich Transfer bezieht sich nun auf die Übertragung der begrifflichen Bedeutung vom Ursprungsbereich auf den Zielbereich, was letztendlich als Metapher bezeichnet wird. Anhand dieser Erklärungen ist es möglich, die gedanklich-metaphorischen Konzepte der Schüler zu verstehen.

Die Metaphern *Jackett* und *Anzug* bedeuten zwar auch, dass es mit dem *Anziehen* verbunden ist, aber hier wird der Ursprungsbereich unterschieden. Die Schüler müssen dafür den Bereich Färbung des Gefieders verstanden haben, damit der Ursprungsbereich auf den Zielbereich *Jackett* oder *Anzug* übertragen werden kann.

Eine weitere Metapher, die von einem Schüler genannt wurde, bezieht sich auf den Bereich Wärmeabgabe durch das Hecheln von Tieren. Der Schüler besaß schon zuvor ein Verständnis über diesen Bereich und wusste, dass vor allem Hunde hecheln, wenn ihnen warm ist. Der Zielbereich wäre hier das *Hecheln wie Hunde*. Wird nun die konzeptuelle Struktur vom Ursprungsbereich auf den Zielbereich übertragen, ist von dieser Metapher die Rede.

Es ist nicht immer leicht, Metaphern zu verstehen. Auch bei den Schülern kann nicht davon ausgegangen werden, dass sie die Metaphern in dem Sinne gebrauchen, wie es zuvor hergeleitet wurde. Es handelt sich bei der Ableitung der Metaphern lediglich um

subjektive Vermutungen. Hier ist gemeint, dass aus der Arbeit mit Schülern hervorgeht, dass diese häufig Begriffe benutzten, mit denen sie bestimmte Sachverhalte umschrieben. Allerdings heißt dies nicht immer, dass sie auch die Hintergründe der jeweiligen Thematik verstanden haben. Bei den Metaphern, die in den Interviews auftauchten, kann aber angenommen werden, dass die Schüler z. B. die Thematik der Körperbedeckung verstanden haben, da sie die Funktion korrekt beschrieben. Auch die Wärmeabgabe durch das Hecheln schien in Ansätzen von dem Schüler verstanden worden zu sein. Er umschrieb die Funktion zwar nicht im Detail, aber er antwortet mit der Metapher korrekt auf die gestellte Frage („Wie können die Pinguine Wärme abgeben?“).

### **7.2.3 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der Mindmaps**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Mindmaps anhand der drei formulierten Hypothesen diskutiert. Da die Ergebnisse in einigen Abschnitten den Ergebnissen der Interviews ähneln (bezogen auf die Kategorien ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘, ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme und ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘), wird die Diskussion bezüglich dieser drei Kategorien verkürzt und kann in Kapitel 7.2.1 ausführlich nachgelesen werden.

*Hypothese 1: Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten durch das Zooprojekt zunimmt.*

Die Ergebnisse der Mindmaps zeigen, dass die erste Hypothese bestätigt werden kann. Die Schüler formulierten ihre Vorstellungen nach dem Zoobesuch vermehrt in Form von Konzepten, um spezielle Inhalte zu erklären. Es konnten dabei Unterschiede zwischen den Gymnasialschülern und den Oberschülern festgestellt werden. Die Schüler der Oberschule gebrauchten deutlich weniger Konzepte als die Schüler des Gymnasiums. Dieser Umstand kann damit erklärt werden, dass die zwei Klassen der Oberschule schon bei der Ankunft im Zoo müde erschienen, da sie zuvor bereits mehrere Stunden das Klimahaus in Bremerhaven besuchten und daher nur gering aufnahmefähig für die Inhalte des Zooprojekts waren. Hinzu kam, dass sie aus zeitlichen Gründen die Pre-Mindmap direkt vor dem Beginn des Zooprojekts ausfüllen sollten. Hierzu war wieder Konzentration gefragt. Die ersten Gruppen in der Zooschule und am Gehege arbeiteten zunächst konzentriert, nach der Pause ließ die Konzentration und Motivation der Schüler jedoch nach. Die Arbeitsaufträge am Gehege und die Experimente in der Zooschule wurden nur noch lustlos bearbeitet. Diese Gesamtsituation kann dazu beigetragen haben, dass viele Schüler die Inhalte des Zooprojekts nicht verinnerlichten und in den Post-Mindmaps nur wenig Schüler Konzepte beschrieben.

Bei der Tarnung von Pinguinen spielt die Färbung des Gefieders eine wichtige Rolle. Wie die Ergebnisse zeigen, beschrieben die meisten Schüler vor dem Zoobesuch die Farben der Federn nur als schwarz-weiß. Besonders in den Medien wird die Färbung des Pinguins besonders hervorgehoben, weshalb vielen Schülern vermutlich diese beiden Farben im Gedächtnis geblieben sind. Sie konnten sich aber nicht vorstellen, welche Vorteile die Färbung für den Pinguin hat. Nach dem Zoobesuch fiel jedoch auf, dass vermehrt Schüler Konzepte zur Färbung entwickelten. Sie beschrieben nun die Farben des Pinguins in Verbindung mit deren Funktion. Dies zeigt, dass sie das Experiment am Gehege zur Färbung des Pinguins verinnerlicht und auch verstanden haben.

Die Ergebnisse der Kategorie ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ waren hinsichtlich der Konzepte vor dem Zoobesuch und danach sehr unterschiedlich. Es gab nur wenige Schüler, die überhaupt die Begriffe Fettschicht und Federn vor dem Zoobesuch notierten. Vermutlich sind solche Begriffe zu speziell, wenn es darum geht, Vorstellungen zu einem bestimmten Tier zu formulieren. Es fiel auf, dass Schüler bei der Beschreibung von Tieren zunächst das Äußere des jeweiligen Tieres, den Lebensraum und die Nahrung darstellten. Nach dem Zoobesuch hingegen beschrieben vermehrt Schüler Konzepte dazu, wie sich der Pinguin vor Kälte schützt. Dies ergab sich vermutlich daraus, dass ein Experiment („Dickes Fett“) zu diesem Themenbereich vorlag und viele Schüler dadurch die Vorstellungen entwickelten, dass Pinguine sich mit ihrer Fettschicht und ihren Federn vor Kälte schützen können. Die Tatsache, dass auch nach dem Zoobesuch nur ein Schüler ein Konzept dazu beschrieb, wie sich der Pinguin auch im Wasser mit seinen Federn vor Kälte schützen kann, wurde bereits in Kapitel 7.2.1 erklärt. Neben der Isolierung des Körpers zur Erhaltung der Körperwärme gaben manche Schüler an, dass sich Pinguine oftmals dicht in der Gruppe aneinander stellen, um sich zu wärmen. Diese Vorstellungen wurden gleichermaßen vor und nach dem Zoobesuch notiert. Auch hier ist es möglich, dass Schüler dieses Verhalten aus den Medien kennen. Besonders in Büchern oder Zeitschriften tauchen häufig Bilder auf, in denen Pinguine als Gruppe nah beieinanderstehend dargestellt werden. Ebenso besteht natürlich die Möglichkeit, dass die Schüler sich bereits vor dem Zooprojekt schon einmal mit den Pinguinen beschäftigten und daher wussten, dass Pinguine sich in der Gruppe vor Kälte schützen.

Mithilfe der Kategorie ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ wurde untersucht, ob die Schüler Konzepte formulierten, wo Pinguine leben und wie sie sich unterscheiden. Diese Kategorie basiert auf den theoretischen Grundlagen der *Bergmann-Regel*. Auch bei der Durchsicht der Mindmaps wurde deutlich, dass die Schüler den Lebensraum von Pinguinen zunächst in kalte Gebiete, wie der Antarktis, einordneten. Erst durch das Zooprojekt wurde den meisten bewusst, dass Pinguine auch in wärmeren Regionen leben können (vgl. 7.2.1) beschrieben.

Die Kategorie ‚Pinguine unter Wasser‘ bezieht sich auf das Fortbewegen der Pinguine. Die meisten Schüler wussten, dass Pinguine nicht fliegen, dafür aber schwimmen können. Wahrscheinlich war ihnen dies aus früheren Zoobesuchen bekannt. Allerdings

gaben die Schüler vor dem Zoobesuch nicht an, wie die Pinguine sich genau unter Wasser antreiben und steuern. Dieser Aspekt wurde von vielen erst nach dem Zoobesuch aufgegriffen, da die Schüler am Gehege die Pinguine im Wasser beobachteten und in einer eigenen Zeichnung den Antrieb und die Steuerung kennzeichnen sollten. Im Nachhinein konnten sich vermehrt Schüler vorstellen, wie sich Pinguine mit den Flügeln antreiben und mit den Füßen steuern.

Die Kategorie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ umfasst Konzepte der Schüler zum Wärmen des Körpers eines Pinguins und Konzepte zum Kühlen des Körpers durch die Regulierung des Blutkreislaufs. Vor dem Zoobesuch formulierte fast kein Schüler Konzepte zu diesem Thema. Erst durch das Zooprojekt konnten sich vermehrt Schüler Konzepte zur Anpassung an Wärme durch erhöhte Durchblutung der Körperanhänge und zur Anpassung an Kälte durch verringerte Durchblutung vorstellen. Erklärungen hierzu finden sich ebenfalls in Kapitel 7.2.1.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Anzahl der Konzepte zunahm, dennoch fiel auf, dass manche Schüler richtige Ansätze aufschrieben, diese aber nicht weiter erläuterten. Eine mögliche Erklärung ist, dass der Platz zum Ausfüllen der Mindmaps begrenzt war und die Schüler ihre Vorstellungen möglicherweise nicht vollständig ausführten.

*Hypothese 2: Es wird angenommen, dass die Schüler durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern gebrauchen.*

Die Vermutung, dass durch das Zooprojekt vermehrt Metaphern von den Schülern gebraucht werden, um die Darstellung komplexer Zusammenhänge zu erleichtern, kann widerlegt werden. Es wurde herausgefunden, dass vor dem Zoobesuch sogar häufiger Metaphern verwendet wurden. Die meisten Schüler schienen bereits vor dem Zoobesuch eine Fülle von Informationen über den Pinguin in wenigen Worten übermitteln zu wollen und drückten sich daher in Metaphern aus. Da nach dem Zoobesuch jedoch weniger Metaphern genutzt wurden, kann angenommen werden, dass die Schüler die Metaphern zuvor nicht bewusst formulierten, sondern vielmehr aufgrund von fehlenden fachlichen Begriffen vergleichbare Worte gebrauchten. Nach dem Zoobesuch nutzten die Schüler hingegen weniger Metaphern, weil ihnen durch das Zooprojekt vermutlich die korrekten biologischen Begriffe im Gedächtnis geblieben sind.

Insgesamt konnten bei den Gymnasialschülern und den Oberschülern Unterschiede festgestellt werden, da die Oberschüler nur vor dem Zooprojekt Metaphern verwendeten. Dies könnte damit erklärt werden, dass die Oberschüler in ihren Vorstellungen nur selten komplexe Zusammenhänge beschrieben, für die sie Metaphern nutzen konnten.

Wie die Ergebnisse zeigen, können die Metaphern den fünf Kategorien zugeordnet werden. Allerdings fiel auf, dass den Kategorien ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ sowie ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der

Körperwärme‘ keiner Metaphern zugewiesen werden konnten. Dies ist damit zu erläutern, dass die Schüler vor dem Zoobesuch so gut wie keine Konzepte zu diesen Kategorien nannten und somit keine Beschreibungen vorlagen. Nach dem Zoobesuch haben scheinbar einige Schüler die entsprechenden Sachverhalte verinnerlicht, formulierten ihre Vorstellungen aber mit den fachlich korrekten Begriffen ohne Metaphern zu nennen.

Den anderen drei Kategorien (,Tarnung‘, ,Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ und ,Pinguine unter Wasser‘) konnten hingegen Textstellen zugeordnet werden, die Metaphern aufzeigten. Die Metaphern der zwei Kategorien ,Tarnung‘ und ,Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ sind hauptsächlich Metaphern zum *Anziehen*.

In der Kategorie ,Tarnung‘ wird vorher und hinterher am häufigsten die Metapher *Frack* genannt. Die Schüler haben wahrscheinlich vor dem Zoobesuch schon einmal einen Frack an Männern gesehen. Die Jacke eines Fracks ist hinten länger als vorne und dies wird ausschlaggebend dafür sein, dass die Schüler von einem Frack sprechen, da Pinguine von hinten komplett schwarz sind und die Flügel sozusagen den längeren Teil der Jacke eines Fracks darstellen. Eine zweite Begründung für die Metapher *Frack* könnte sein, dass in der Literatur manchmal auch die Rede von einem Frack ist, mit dem das Gefieder eines Pinguins beschrieben wird. Somit können einige Schüler den Begriff in einem Buch oder aus anderen Medien aufgegriffen haben. Nach dem Zoobesuch kann diese Metapher verwendet worden sein, um die Färbung eines Pinguins zu beschreiben, da in dem dazugehörigen Experiment der Begriff in dem Informationstext aufgeführt wurde (vgl. Forscherheft Anhang A2), den die Kinder lesen mussten, um den Inhalt des Experiments zu verstehen. Eine weitere Metapher, die ähnlich hergeleitet werden kann, ist *Dirigentenanzug*, *Dirigentenrücken* oder *Smoking*. *Smoking* kann wie die Metapher *Frack* beschrieben werden. Die anderen beiden beziehen sich auf Dirigenten, die normalerweise Fracks tragen. Die Schüler übertragen auch hier wieder das Aussehen eines Fracks auf die Färbung des Gefieders eines Pinguins. Der Unterschied ist nur, dass sie in ihrer Metapher die Person an sich mit aufgreifen, weil ihnen der Begriff *Frack* wiederum nicht so geläufig war. Die Metaphern *Hautfarbe* und *Haut* sollen auch die Farben der Körperbedeckung des Pinguins beschreiben. Die Schüler nutzten diese Wörter, da sie ihnen von ihrem Körper bekannt sind. Sie kennen ihre Hautfarbe und übertragen diese Bedeutung auf den Pinguin. Sie sprechen von Haut, indem sie vom Menschen auf das Tier schließen, das natürlich auch korrekt ist. Pinguine haben auch eine Haut, die allerdings mit Federn bedeckt ist, deshalb wird auch von Gefieder gesprochen.

In der Kategorie ,Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘ wird am häufigsten die Metapher *Fell* gebraucht. Da diese Metapher in den Mindmaps im gleichen Sinne wie bei den Ergebnissen der Interviews verwendet wurde, kann an dieser Stelle auf dieses Kapitel verwiesen werden (vgl. 7.2.1).

Nachdem viele Schüler die Inhalte zur Isolierung durch das Zooprojekt verinnerlichen konnten, traten nach dem Zoobesuch drei Metaphern (*Thermoskanne*, *Isolierkanne*, *Mantel*) auf, die die Funktion der Isolierung als Bedeutung tragen. Diese Metaphern

werden von den Schülern verwendet, um zu beschreiben, dass Pinguine Wärme speichern können, damit sie nicht frieren. Sie vergleichen diese Funktion mit Gegenständen aus ihrem Alltag. Die Begriffe *Thermoskanne* und *Isolierkanne* verbinden die Schüler mit heißen Getränken, die warm gehalten werden sollen, somit übertragen sie das Warmhalten auf die Federn und die Fettschicht der Pinguine. Die Metapher *Mantel* trägt ebenfalls die Bedeutung des Warmhaltens. Ein Mantel kann vor Kälte schützen und so den Körper wärmen. Hier wird die Bedeutung eines Kleidungsstückes auf den Pinguin übertragen.

Die Metaphern, die der Kategorie ‚Pinguine unter Wasser‘ zugeordnet werden können, beziehen sich auf die Flügel und die Füße des Pinguins. Die Metaphern *Schwimmflügel* und *Schwimmflossen* werden von den Schülern verwendet, um zu beschreiben, dass Pinguine im Wasser mit den Flügeln schwimmen und sich antreiben. Die Begriffe kennen Schüler von zu Hause und wissen aus eigener Erfahrung, welche Funktionen Schwimmflossen haben. Sie werden genutzt, um sich im Wasser schneller fortbewegen zu können. Da die Schüler annehmen, dass Pinguine schwimmen, stellen sie sich deren Flossen als sogenannte Schwimmflossen vor. *Schwimmflügel* ist hingegen eine Metapher, die sich zwar auch auf die Flossen bezieht, die Bedeutung ist allerdings eine andere. Wenn kleine Kinder noch nicht schwimmen können, werden ihnen Schwimmflügel auf die Arme geschoben, mit denen sie nicht untergehen können und sie bleiben somit immer an der Wasseroberfläche. Der Schüler, der diesen Begriff als Metapher verwendet, möchte mit dem Wort Schwimmflügel aber wahrscheinlich ausdrücken, dass Pinguine mit ihren Flügeln schwimmen können.

Die Füße der Pinguine wurden von zwei Schülern als ‚Entenfüße‘ bezeichnet. Die Metapher *Entenfuß* wurde von diesen Schülern benutzt, weil sie den Fuß eines Pinguins mit dem einer Ente verglichen, da beide Tiere Schwimmhäute zwischen den Zehen haben. Da dies meist nur von Enten bekannt ist, verwenden sie den Begriff *Entenfuß*. Vor dem Zoobesuch nutzte ein Schüler die Metapher Füße als *Motor*. Er stellte sich vor, dass die Füße des Pinguins für den Antrieb unter Wasser sorgen. Er verwendet dafür den Begriff *Motor*, weil er aus seinen eigenen Erfahrungen des Alltags wusste, dass Motoren ein Fahrzeug oder Gerät in Bewegung bringen.

*Hypothese 3: Es wird angenommen, dass durch das Zooprojekt die Anzahl an Denkfiguren zunimmt.*

Die dritte Vermutung, dass durch das Zooprojekt zunehmend Denkfiguren genutzt werden, kann bestätigt werden. Die Ergebnisse der Mindmaps zeigen, dass einige Konzepte von Schülern nach dem Zoobesuch zu Denkfiguren verallgemeinert werden können. Allerdings konnte auch hier ein Unterschied zwischen den Gymnasialschülern und den Oberschülern festgestellt werden. Da die Oberschüler kaum Konzepte nutzten, um bestimmte Sachverhalte zu umschreiben, war nur geringfügig erkennbar, dass manche Schüler im Sinne der Denkfiguren ihre Vorstellungen notierten. Insgesamt konnten zwei Denkfiguren ermittelt werden.

Diese zwei Denkfiguren können mit der Anpassung des Pinguins an seinen Lebensraum in Verbindung gebracht werden. Die Schüler nutzten Konzepte zur Anpassung an Kälte und Wärme und Konzepte zur Anpassung an Wasser im Sinne der Denkfiguren „Adaptive Regulierung der Durchblutung“ sowie „Fliegen unter Wasser“. Es ist anzunehmen, dass sich die Schüler nicht über die Verwendung von Denkfiguren bewusst waren (vgl. Kap. 7.2.1). Die Schüler konnten zwar beim Ausfüllen der Mindmaps selbst entscheiden, was sie notierten, dennoch hatten sie vermutlich kein Bewusstsein dafür, dass sie zwei einzelne Konzepte miteinander in Verbindung brachten. Für sie sind es Tatsachen, wie der Pinguin sich an seine Umgebung anpassen kann.

Nur bei der dritten Denkfigur „Fliegen unter Wasser“ ist es möglich, dass einigen Schülern deutlich wurde, dass sie die Konzepte Flugunfähigkeit und Schwimmen unter Wasser im Sinne der Denkfigur verallgemeinern können. Denn die meisten Schüler gaben an, dass Pinguine nicht fliegen, dafür aber schwimmen können und begründeten dies mit den schweren Knochen der Pinguine. Außerdem erklärten sie in diesem Zusammenhang die Funktion der Flügel und Füße unter Wasser und erkannten, dass der Pinguin mit den Flügeln nicht fliegen kann, sondern sie im Wasser zur Fortbewegung nutzt.

#### **7.2.4 Diskussion der Ergebnisse aus den Mindmaps hinsichtlich der Conceptual Change-Theorie und der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens**

In diesem Unterkapitel geht es darum, die Ergebnisse der Mindmaps vor und nach dem Zoobesuch im Hinblick auf die zwei Theorien Conceptual Change und Erfahrungsbasiertes Verstehen zu diskutieren. Zunächst werden die Ergebnisse bezüglich der Conceptual Change-Theorie erörtert.

In den Mindmaps vor und nach dem Zoobesuch sollten die Schüler ihre Vorstellungen über den Pinguin notieren. Somit kann davon ausgegangen werden, dass Vorstellungen vorhanden sind, die als Voraussetzung möglicher Vorstellungsänderungen erforderlich sind. Die Ergebnisse der Mindmaps zeigen, dass viele Schüler sowohl vor als auch nach dem Zoobesuch fast immer alle Kästchen der Mindmaps ausfüllten, was darauf hindeutet, dass sie viele Ideen zu dem Thema Pinguine notieren konnten. Die Conceptual Change-Theorie lässt sich auch hier nur eingeschränkt anwenden, da nicht konkret belegt werden kann, dass die vier Bedingungen für einen Conceptual Change erfüllt sind (vgl. Kapitel 7.2.2). Die genannten Vorstellungen der Schüler geben weder Aufschluss darüber, ob die Schüler unzufrieden mit ihren alten Vorstellungen waren, noch ob sie die neuen Vorstellungen als logischer empfanden. Dennoch konnte anhand der Ergebnisse festgestellt werden, dass sich durch das Zooprojekt die Vorstellungen einiger Schüler veränderten.

Eine weitere Schwierigkeit im Hinblick auf die Anwendung der Conceptual Change-Theorie ergibt sich aus der Tatsache, dass aufgrund der hohen Zahl an Probanden die

Mindmaps nicht für jeden Schüler einzeln qualitativ untersucht und ausgewertet wurden, d. h. mögliche Vorstellungsänderungen können nicht für einzelne Schüler hervorgehoben werden, sondern die Ergebnisse werden im Allgemeinen hinsichtlich möglicher Vorstellungsänderungen diskutiert.

Beispiele für Vorstellungsänderungen lassen sich bei den Mindmaps in allen fünf Kategorien finden. Diese Vorstellungsänderungen sind meist daran zu erkennen, dass Schüler vor dem Zoobesuch sehr einfache Vorstellungen formulierten, indem sie das Aussehen und den Lebensraum des Pinguins beschrieben. Hierbei jedoch keine Erklärungen oder Beschreibungen lieferten. Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass Erläuterungen für Beispiele der Vorstellungsänderungen in den Kategorien ‚Isolierung zur Erhaltung der Körperwärme‘, ‚Zusammenhang von Lebensraum und Größe‘ sowie der ‚Durchblutung der Körperanhänge zur Erhaltung oder Abgabe der Körperwärme‘ in Kapitel 7.2.2 aufgeführt wurden. Da diese auch auf die Vorstellungsänderungen in den Mindmaps übertragbar sind, wird an dieser Stelle auf das entsprechende Kapitel verwiesen.

Zu der Kategorie ‚Tarnung‘ ließen sich aus den Mindmaps vor dem Zoobesuch zunächst nur Vorstellungen der Schüler zuordnen, die sich auf die schwarz-weiße Färbung von Pinguinen bezogen. Es waren keine Konzepte vorhanden, die die Vorteile bzw. die Funktion dieser Färbung aufgriffen. Nur ein Schüler hat vorunterrichtliche Vorstellungen, dass Pinguine sich durch die Färbung vor Feinden tarnen können. Eine Erläuterung notierte er allerdings nicht. Nach dem Zoobesuch haben die Schüler durch ein anschauliches Experiment am Gehege erfahren, dass Pinguine auf dem Bauch weiß gefärbt sind, um sich vor Feinden aus der Tiefe des Meeres zu tarnen. Die Rückseite der Pinguine ist schwarz gefärbt, damit sie sich vor Feinden aus der Luft schützen können. Die Ergebnisse der Mindmaps nach dem Zoobesuch zeigen, dass bei den Schülern eine Vorstellungsänderung stattgefunden hat. Viele von ihnen erklären nicht mehr nur die Färbung eines Pinguins, sondern erläutern auch die Hintergründe.

In der Kategorie ‚Pinguine unter Wasser‘ waren ebenfalls Vorstellungsänderungen der Schüler erkennbar. Obwohl die meisten Schüler bereits vorher die Vorstellung angaben, dass Pinguine Vögel sind, die nicht fliegen, aber schwimmen können, notierte keiner eine konkrete Erklärung dafür, warum Pinguine nicht fliegen können oder wie sie sich beim Schwimmen im Wasser antreiben können. Durch das Zooprojekt haben die Schüler die Funktionen der Flügel und Füße unter Wasser erforschen und experimentell herausfinden können, wie es zu der Flugunfähigkeit kommt. Diese fachlichen Erkenntnisse haben viele Schüler nach dem Zoobesuch beim Ausfüllen der Mindmaps in ihre Vorstellungen integriert, woran sich ein Conceptual Change erkennen lässt. Die Schüler haben ihre vorunterrichtlichen durch fachwissenschaftliche Vorstellungen erweitert oder sogar ersetzt.

Ein Verständnis von Vorstellungen der Schüler in den Mindmaps wird ähnlich wie bei den Interviews durch die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens möglich. Im Mittelpunkt dieser Theorie stehen die Metaphern, durch die ein bildhaftes Verständnis von Begriffen ermöglicht wird. Während bei den Interviews die mündliche Sprache auf

Metaphern untersucht wurde, soll an dieser Stelle diskutiert werden, inwiefern die schriftlich formulierten Vorstellungen auf die Theorie zurückzuführen sind.

Während in Kapitel 7.2.3 anhand der dritten Hypothese bereits Vermutungen dazu angeführt wurden, in welchem Zusammenhang die verwendeten Metaphern genutzt wurden, sollen an dieser Stelle die Strukturen von drei beispielhaften Metaphern hinsichtlich der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens erörtert werden. Die Strukturen dieser Metaphern lassen sich, ähnlich wie bei den Interviews, in die drei Bereiche Ursprungsbereich, Zielbereich und Transfer einteilen (vgl. 7.2.2).

Es ist anzunehmen, dass einige Schüler den Bereich der Färbung des Gefieders von Pinguinen, auf den sich die Metapher bezieht, verstanden haben. In diesem Fall ist der Zielbereich *Frack* oder *Smoking*.

Außerdem scheinen manche auch den Bereich der Wärmespeicherung beim Pinguin durch die Federn und die Fettschicht verstanden zu haben. Hierbei stellen die Begriffe *Thermoskanne* und *Isolierkanne* den Zielbereich dar.

Ferner kann angenommen werden, dass die Schüler den Bereich der Flügel beim Schwimmen des Pinguins ebenfalls verstanden haben. Der Zielbereich ist hier dann *Schwimmflosse*. Beim Transfer wird die konzeptuelle Struktur vom Ursprungsbereich auf den Zielbereich übertragen, um so ein Verständnis im Zielbereich zu erreichen.

## **7.2.5 Diskussion der Ergebnisse der qualitativen Studie im Vergleich**

An dieser Stelle sollen die Ergebnisse der Interviews und der Mindmaps im Vergleich diskutiert werden. Es soll vor allem erörtert werden, ob Unterschiede bei den Ergebnissen der zwei Erhebungsmethoden im Hinblick auf die Bestätigung oder Widerlegung der Hypothesen erkennbar sind.

Zunächst kann festgehalten werden, dass es bei den Interviews im Vergleich zu den Mindmaps kaum Unterschiede zwischen den Schülern des Gymnasiums und den Schülern der Oberschule gab. Diese Tatsache ergibt sich aus der unterschiedlichen Anzahl der Probanden. Während 95 Gymnasialschüler und 45 Oberschüler die Mindmaps ausfüllten, wurden lediglich sechs Schüler des Gymnasiums und ein Schüler der Oberschule interviewt. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse eines Schülers im Interview nicht repräsentativ für große Unterschiede sein können. Es kann nur festgestellt werden, ob der Schüler etwas nicht geäußert hat. Obwohl auch bei den Probanden für die Mindmaps das Verhältnis nicht ausgeglichen ist, können die Schulen hier eher miteinander verglichen werden. Zum anderen können die Unterschiede daraus entstanden sein, dass bei den Interviews allen Schülern die gleichen Fragen zu einem bestimmten Thema („Anpassung an Wärme und Kälte“) gestellt wurden und bei den Mindmaps hingegen kein spezielles Thema vorgegeben war. Die Schüler wurden lediglich dazu angewiesen, ihre vorhandenen Vorstellungen über den Pinguin aufzuschreiben.

Durch beide Erhebungsmethoden kann die erste Hypothese („Es wird angenommen, dass die Anzahl an Konzepten zunimmt“) bestätigt werden, d. h. die Schüler nutzten durch das Zooprojekt vermehrt Konzepte, um ihre Vorstellungen zu äußern oder zu notieren. Dies ergibt sich daraus, dass die meisten Schüler vorher nur oberflächliche Vorstellungen zu dem Pinguin hatten. Durch das Zooprojekt haben sie die Hintergründe über den Pinguin erforschen können. Es zeigt sich, dass viele Schüler die Inhalte verinnerlicht haben und sie sowohl mündlich als auch schriftlich in Form von Konzepten beschreiben konnten. Es lassen sich nur bei der Formulierung dieser Konzepte Unterschiede zwischen den Interviews und den Mindmaps erkennen. Bei den Interviews mussten die Schüler auf konkrete Fragen antworten und wurden in ihren Aussagen selten unterbrochen. Außerdem konnte der Interviewer nachfragen, wenn er etwas nicht verstand. Bei den Mindmaps hingegen hatten die Schüler nur begrenzt Platz ihre Vorstellungen aufzuschreiben. Hier kann bereits die Ursache dafür liegen, dass die Schüler ihre Konzepte nicht immer sehr ausführlich darlegten, weil sie ihre Vorstellungen kurz fassen wollten.

Die zweite Vermutung („Es wird angenommen, dass vermehrt Metaphern gebraucht werden“) konnte mithilfe der Interviews und der Mindmaps widerlegt werden. Es tauchten zwar bei den Ergebnissen der zwei Erhebungsmethoden Metaphern auf, diese wurden aber nicht vermehrt nach dem Zoobesuch gebraucht. Bei den Mindmaps wurden mehr Metaphern verwendet als bei den Interviews, dies liegt daran, dass es insgesamt mehr Probanden bei den Mindmaps gab und dass die Schüler bei den Interviews sehr zurückhaltend waren und nichts Falsches sagen wollten. Schüler in der fünften Klasse sind sich dessen nicht bewusst, dass auch fehlerhafte Bezeichnungen für eine qualitative Untersuchung bedeutend sein können.

Die dritte Hypothese („Es wird nicht angenommen, dass verstärkt Denkfiguren genutzt werden“) kann ebenfalls mithilfe beider Erhebungsmethoden bestätigt werden. Die Schüler argumentierten mündlich und auch schriftlich im Sinne von Denkfiguren. Die Konzepte, die in den verschiedenen Denkfiguren zusammengefügt sind, werden bei der mündlichen Befragung teilweise etwas deutlicher formuliert. Dies kann aber darauf zurückgeführt werden, dass die Schüler auf konkrete Fragen antworten sollten.

Zusammenfassend konnten mithilfe von beiden Methoden die eingangs in Kapitel 4.2 formulierten Hypothesen bestätigt oder widerlegt werden und führten letztlich zu einer Beantwortung der Forschungsfrage, ob sich die Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern, Denkfiguren) durch das Zooprojekt verändern. Obwohl nicht alle Hypothesen bestätigt werden konnten, zeigen die Ergebnisse, dass sich die Vorstellungen der Schüler insgesamt durch das Zooprojekt veränderten. Dies wird ganz besonders durch die Vorstellungen in Form von Konzepten deutlich. Während die Schüler vor dem Zoobesuch nur sehr undifferenzierte Vorstellungen äußerten bzw. notierten, waren sie durch das Zooprojekt in der Lage, komplexere Vorstellungen offenzulegen.

### **7.3 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Studie**

In diesem Unterkapitel sollen die quantitative und die qualitative Studie miteinander in Bezug gesetzt und diskutiert werden.

Die Ergebnisse der quantitativen Studie zeigen, dass sich das Interesse der Schüler durch das Zooprojekt nicht signifikant erhöhte. Das Fachwissen hingegen erfuhr einen signifikanten Zuwachs. Die Anzahl der Vorstellungen in den Mindmaps weist ebenfalls keine signifikante Veränderung auf. In der qualitativen Studie zeigt sich allerdings bei den Interviews und bei den Mindmaps, dass sich die Vorstellungen der Schüler insgesamt nach dem Zooprojekt veränderten.

Obwohl sich das Interesse in der Gesamtbetrachtung nicht signifikant erhöht hat, so zeigte sich dennoch, dass sich das Interesse der Schüler an Pinguinen, die Gegenstand des Zooprojekts waren, zunahm. Diese Tatsache bildet eine positive Grundlage für den Wissenszuwachs, der sich in den Interviews und den Mindmaps in der Form zeigte, dass Schüler vermehrt Konzepte nannten. Hierbei spielte sicherlich auch das ‚mittelmäßige‘ bis ‚große‘ Interesse an Biologie und das ‚große‘ Interesse am Zoo eine Rolle.

Ebenso offenbarte der Fragebogen, dass die Schüler vor und nach dem Zoobesuch nur ein ‚mittelmäßiges‘ Interesse am Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ aufwiesen. Dies kann bei den Interviews als Grund dafür angesehen werden, dass nach dem Zooprojekt nicht vermehrt Metaphern genutzt wurden. Vermutlich fehlte den sieben befragten Schülern ein tiefgreifendes Verständnis in einigen Bereichen, sodass sie keine Metaphern gerbrauchten, um komplexe Zusammenhänge mit wenigen Worten zu beschreiben.

Außerdem gaben die Schüler ein ‚großes‘ Interesse am Experimentieren und den Tierbeobachtungen an. Da die Schüler an diesen Tätigkeiten offensichtlich Spaß hatten, konnten sie die Inhalte leichter verinnerlichen und waren somit eher in der Lage, ihr erweitertes explizites Wissen im Bereich des Fachwissens, der Interviews und den Mindmaps zu formulieren.

Einige Fragen aus dem Bereich Fachwissen lassen sich mit den Äußerungen der Schüler in den Interviews und den Mindmaps zusammenbringen. Dies soll im Folgenden diskutiert werden.

Sowohl vor als auch nach dem Zooprojekt zeigte sich bei allen Erhebungsinstrumenten, dass die Schüler bereits wussten, dass der Pinguin ein Vogel ist. Bezüglich des Lebensraums ließ sich allerdings eine Veränderung der Vorstellungen und auch des Fachwissens erkennen, wobei sich ein ähnliches Antwortmuster in den beiden Studien vor und nach der Durchführung des Zooprojekts erkennen ließ. Zunächst waren die Schüler überwiegend der Meinung, dass Pinguine nur in kalten Gebieten vorkommen, dies änderte sich nach dem Zooprojekt dahingehend, dass sie erkannten, dass Pinguine auch in warmen Gebieten leben und nahezu auf der gesamten Südhalbkugel vorkommen. In den Interviews und den Mindmaps konnten die Schüler die neuen Erkenntnisse sogar mit der Größe der Pinguine in Verbindung bringen.

Des Weiteren bietet die Frage, was Pinguine im Gegensatz zu Vögeln nicht können, eine Vergleichsmöglichkeit. Die meisten Schüler gaben sowohl vor als auch nach dem Zoobesuch im Fragebogen ‚Fliegen‘ an. An dieser Stelle kann nur eine Verbindung mit den Ergebnissen der Mindmaps hergestellt werden. Hier tauchte zwar schon vor dem Zoobesuch häufig auf, dass Pinguine nicht fliegen können, allerdings gaben die Schüler nach dem Zoobesuch auch eine Begründung dafür an und verknüpften mehrere Aspekte miteinander.

Die Frage nach der Besonderheit der Knochen der Pinguine und anderer Vögel zeigte im Fragebogen, dass die Schüler vor dem Zoobesuch die Eigenschaften nicht kannten und daher kaum ein Unterschied zwischen den Antworten ‚hohl‘ und ‚nicht hohl‘ bestand. In den Mindmaps wurde dieser Aspekt aufgrund des fehlenden Wissens von den Schülern nicht aufgegriffen. Nach dem Zoobesuch gaben die Schüler vermehrt die richtige Antwort an und auch in den Mindmaps kam die Antwort häufiger als Begründung für die Flugunfähigkeit vor. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Schüler vermehrt den Zusammenhang verstanden und die richtigen Kreuze im Fragebogen nicht durch Zufall dort gesetzt haben.

Die Frage nach der Fortbewegung der Pinguine unter Wasser wurde ebenfalls nur bei den Ergebnissen der Fragebögen und der Mindmaps aufgegriffen. Bei letzteren beschrieben vor dem Zooprojekt zwar viele Schüler, dass Pinguine schwimmen können, äußerten sich allerdings nicht dazu, mit welchen Körperteilen sie sich antreiben bzw. steuern. Bei den Fragebögen kreuzten vor dem Zoobesuch viele Schüler die falsche Antwort ‚Füße‘ an. Bei der Durchführung des Zooprojekts mussten die Schüler den Pinguin in Schwimmlage zeichnen und den Antrieb bzw. die Steuerung kennzeichnen. Daher stieg nach dem Zoobesuch die Nennung des Aspekts in den Mindmaps sowie die richtige Antwort im Fragebogen.

Zudem können die Ergebnisse beider Studien auch im Hinblick auf die Frage nach den Vorteilen der Färbung des Gefieders eines Pinguins miteinander in Bezug gesetzt werden. Die gesamten Ergebnisse zeigen, dass die Schüler vor dem Zooprojekt kaum wissen bzw. sich vorstellen können, warum die schwarz-weiße Färbung für den Pinguin vorteilhaft ist. Bei den qualitativen Ergebnissen wird zwar oft angegeben, welche Farben die Federn haben, aber die Vorteile der Färbung nicht begründet. Nach dem Zoobesuch waren viele Schüler in Lage, die Funktion der Färbung zu erkennen. Sie kreuzten zum einen vermehrt die richtige Antwort im Fragebogen an bzw. formulierten passende Konzepte in den Mindmaps. In diesem Fall ist offensichtlich, dass die Schüler neues Wissen gewonnen bzw. ihre Vorstellungen verändert haben, womit auch hier davon ausgegangen werden kann, dass ein Lernprozess stattfand.

Die beiden offenen Fragen des Fragebogens nach dem Schutz von Tieren bzw. Pinguinen vor Wärme und Kälte können mit den Interviews verglichen werden, die das Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ als Grundlage hatten. Im Fragebogen zeigte sich, dass die Schüler vor dem Zooprojekt oft das ‚Fell‘, die ‚Fettschicht‘ und das ‚Aneinanderdrängen‘. Im Nachhinein nannten die Schüler zusätzlich das ‚Gefieder‘ und ‚Federn‘, allerdings nicht mehr das ‚Aneinanderdrängen‘. Auf die Frage nach dem

Schutz vor Wärme gaben die Schüler in beiden Fällen nur sehr wenige und fehlerhafte Antworten. Im Interview zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Die Schüler konnten zum Teil die Wärmeabgabe bzw. -speicherung beschreiben, formulierten ihre Antworten oftmals aber undifferenziert. Bei der Frage nach dem Schutz vor Kälte nannten die Schüler auch im Interview nahezu die gleichen Antworten. Bei den Mindmaps entsprachen die Ergebnisse denen der Fragebögen vor und nach dem Zoobesuch.

Diese Ausführungen im Bereich des Fachwissens zeigen, dass mithilfe von Fragebögen die Veränderung des Fachwissens erhoben werden kann. Allerdings kann nicht festgestellt werden, ob Schüler einzelne Aspekte miteinander verknüpfen können. Dies ist wiederum mithilfe der Mindmaps und der Interviews möglich. Daraus lässt sich schließen, dass sich die ausgewählten Erhebungsmethoden gut ergänzen und umfangreiche Aussagen ermöglichen, die nur durch eine Erhebungsmethode nicht getroffen werden können.

Darüber hinaus sollen im Folgenden die Ergebnisse der Mindmaps vergleichend diskutiert werden. In der quantitativen Studie ließ sich bei der Anzahl der Vorstellungen in den Mindmaps keine signifikante Veränderung feststellen. Die qualitative Studie hingegen zeigte, dass sich die Vorstellungen der Schüler jedoch verändert haben. An dieser Stelle wird deutlich, dass die Verbindung der beiden Studien miteinander sinnvoll ist, da im Rahmen einer qualitativen Studie wesentlich umfangreichere Aussagen getroffen werden können und somit ein Unterschied zwischen den Vorstellungen vor und nach dem Zoobesuch festgestellt werden konnte. Dieser Widerspruch der beiden Studien lässt sich durch die genauere Betrachtung der Inhalte der Schüleraussagen in der qualitativen Studie erklären. In der quantitativen Studie wurden alle richtigen Antworten gewertet und nicht zwischen Feststellungen und Konzepten unterschieden, was hingegen in der qualitativen Studie der Fall war. Daher konnten diese Veränderungen der Vorstellungen im Gegensatz zur quantitativen Erhebung festgestellt werden.

Die Ergebnisse beider Studien können auch im Hinblick auf fachdidaktische Theorien miteinander in Bezug gesetzt werden. Die Conceptual Change-Theorie (vgl. Kap. 2.2.3.2) beschäftigt sich mit Vorstellungsänderungen und war Grundlage der qualitativen Studie. Bei Veränderungen von Vorstellungen sollten nicht nur die vier Bedingungen Unzufriedenheit, Verständlichkeit, Plausibilität und Fruchtbarkeit erfüllt sein, sondern es sollte zudem die emotionale Komponente, wie das Interesse, berücksichtigt werden. Das erhobene Interesse kann somit bezüglich der Vorstellungsänderungen aus der qualitativen Erhebung diskutiert werden. Obwohl sich das Interesse durch das Zooprojekt nicht signifikant veränderte, gaben die Schüler zumeist ‚großes‘ Interesse in den Bereichen Zoo, Tierbeobachtungen und Experimentieren an. Durch die qualitative Untersuchung konnten Veränderungen der Vorstellungen durch das Zooprojekt nachgewiesen werden. Es ist davon auszugehen, dass hierbei auch das Interesse eine Rolle spielte. Besonders in den Interviews wird deutlich, dass einige Schüler mehr und andere weniger Interesse an den Aufgaben und Experimenten zeigten. Vermutlich kann eher bei interessierten Schülern eine

Veränderung der Vorstellungen festgestellt werden und damit ein Conceptual Change stattfinden.

## **7.4 Fehlerdiskussion**

Bei den vorgestellten Ergebnissen der quantitativen und qualitativen Studie können mögliche Fehler aufgetreten sein, die kurz diskutiert werden sollen. Diese können ihren Ursprung bereits in der Durchführung des Zooprojekts haben. Obwohl der Ablauf bei allen Klassen identisch war, kann es dennoch zu kleinen Abweichungen bedingt durch gegebene Hilfestellungen oder der Ergebnisbesprechung gekommen sein, da nicht jede Gruppe gleich arbeitete und sich immer wieder andere Probleme oder Fragen ergaben. Darüber hinaus konnte es sein, dass einige Gruppen mehr Hilfestellung benötigten als andere oder Fachbegriffe auf Nachfrage erklärt bekamen. Dennoch wurde grundsätzlich darauf geachtet, dass die Voraussetzungen für alle Schüler gleich waren. Allerdings könnten die beschriebenen Gegebenheiten dazu geführt haben, dass einige Schüler Zusammenhänge besser verstanden und der Lernzuwachs somit höher war.

### **7.4.1 Fehlerdiskussion der Fragebögen**

Zunächst spielte das Ausfüllen der Fragebögen eine Rolle. Bei einer Klasse des Gymnasiums wurde aus zeitlichen Gründen die Durchführung des Post-Fragebogens durch die Lehrer betreut. Zwar wurden diese darauf hingewiesen, dass jeder Schüler seinen Fragebogen selbstständig beantworten sollte, allerdings kann dies nicht garantiert werden und es bestand die Möglichkeit, dass die Ergebnisse durch das Abschreiben verfälscht wurden.

Zudem sollten die Schüler nach dem Post-Test eine kleine Süßigkeit zum Dank erhalten. Allerdings führte dies bei einigen Schülern lediglich dazu, dass sie möglichst schnell ihren Fragebogen ausfüllten, um etwas Süßes zu erhalten. Daher wurde in den folgenden Klassen die Süßigkeit erst ausgeteilt, als alle Schüler den Post-Fragebogen abgaben, damit die Ergebnisse nicht verfälscht wurden.

Außerdem hätte die Erstellung der Codes leichter sein sollen. So fiel es einigen Schülern schwer, einzelne Buchstaben aus ihrem Namen zu notieren. Dies führte dazu, dass manche Codes nur in der Pre- oder Post-Erhebung auftauchten.

Bei einigen Fragen kreuzten die Schüler keine Antwort an. Hierbei ist allerdings nicht klar, ob die Schüler die Frage übersahen oder ob sie eventuell einfach keine Antwort wussten bzw. keine der Antworten für korrekt hielten. Daher kam es bei einigen Fragen zu einem hohen prozentualen Anteil der Kategorie ‚keine Angaben‘.

Es wäre sinnvoll gewesen hinter jeder Frage die Zahl der Kreuze zu notieren, da Schüler auch bei Fragen, die nicht durch den Zusatz ‚mehrere Kreuze möglich‘ gekennzeichnet

waren, mehrere Antworten angaben. Dies wurde in der Auswertung dahingehend berücksichtigt, dass jede falsche Antwort einen Minuspunkt gab (vgl. Kapitel 5.1.3). Die dritte Frage im Bereich des Fachwissens („Was können Pinguine im Gegensatz zu vielen anderen Vögeln nicht?“) war nicht genügend in das Zooprojekt eingebunden. Lediglich im Zusatzexperiment erfuhren die Schüler, dass Pinguine nicht fliegen können. Dies wurde allerdings nicht von allen Schülern durchgeführt und in vielen Halbgruppen nur im Rahmen der Ergebnispräsentation von einer Gruppe vorgestellt. Zudem sollte im Hinblick auf den Vergleich der Schulformen hingewiesen werden, dass fast doppelt so viele Gymnasialschüler an der Befragung teilgenommen haben als Oberschüler. Daher gilt der Vergleich der Schulformen nur eingeschränkt.

#### **7.4.2 Fehlerdiskussion der Interviews**

Die Möglichkeit von Fehlern könnte vor allem aufgrund der wenigen Erfahrungen im Führen von Interviews begründet sein. Zwar sollten die Fragen bei jedem Interview gleich formuliert werden, um die Vergleichbarkeit zu wahren, dennoch ergibt sich bei jeder mündlichen Befragung immer wieder eine neue Interviewsituation. Jeder Schüler drückt sich sprachlich anders aus, einige Schüler antworten sehr offen, andere sind eher zurückhaltend und antworten sehr zögerlich. Der Interviewer muss in der Lage sein, sich auf jedes Gespräch neu einzustellen. Obwohl die Schüler die Verfasserinnen dieser Arbeit während einer Hospitation kennengelernt haben, war die Interviewerin ihnen fremd. Dies kann die Ergebnisse beeinflusst haben, da einige Schüler verunsichert wirkten.

Dies erfordert viel Übung und Geschick, was für Anfänger schwierig sein kann und auch bei den Interviews im Rahmen dieser Arbeit sicherlich zu Fehlern geführt hat, z. B. keine klare Formulierung von Fragen. Da es in den Interviews um die Vorstellungen der Schüler ging, wurde darauf geachtet, dass möglichst wenige Nachfragen gestellt wurden, um die Vorstellungen nicht zu beeinflussen. Außerdem wurden fehlerhafte Begriffe, die die Schüler nutzten, oft von dem Interviewer selbst verwendet, um auch hier keinen Einfluss auf die Schülervorstellungen zu nehmen. Wenn die Schüler allerdings keine Vorstellungen äußerten, wurde die Frage umformuliert. Durch die geringe Erfahrung im Führen von Interviews konnte es vorkommen, dass aufgrund von Unsicherheit seitens des Interviewers zu viele Fragen auf einmal gestellt wurden. Außerdem ist auffällig, dass die Art der Formulierung eine Rolle spielt, wenn darauf abgezielt wird, dass bestimmte Vorstellungen der Schüler erwartet werden. Für Schüler der fünften Klasse ist es wichtig, die Fragen so einfach wie möglich zu formulieren. Da das Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ für junge Schüler bereits sehr schwierig war.

Weitere Fehler können durch das Transkribieren der Interviews aufgetreten sein. Obwohl die Interviews direkt nach der Durchführung transkribiert und durch wiederholtes Abspielen überprüft wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass

einzelne Wörter der Schüler nicht korrekt wiedergegeben wurden. Dies ist besonders dann der Fall, wenn Schüler sehr leise und undeutlich sprachen, sodass der genaue Wortlaut nicht analysiert werden konnte. Es stellte sich bei den Transkripten ebenfalls als problematisch heraus, dass nicht sprachliche Äußerungen der Schüler nur schwer angegeben werden können (z. B. Kopfschütteln).

Außerdem kann auch die Auswertung der Interviews zu Fehlern führen. Es kann passieren, dass in die Antworten der Schüler häufiger etwas interpretiert wurde, was sie gar nicht ausdrücken wollten. Dies könnte besonders bei den herausgefilterten Metaphern möglich gewesen sein. Altrichter weist darauf hin, dass die „Unschärfe bildhafter Sprache“ zu falschen Annahmen führen kann, da „unterschiedliche Erfahrungswelten [...] auch zu unterschiedlichen Assoziationen [führen]“ (Altrichter 2007: 202).

### **7.4.3 Fehlerdiskussion der Mindmaps**

Bei den Mindmaps konnten ebenfalls Fehlerquellen identifiziert werden. Zunächst kann angeführt werden, dass einigen Schülern die Methode des Mindmaps fremd war und daher vor dem Beginn der empirischen Erhebung eine Erklärung notwendig schien. Allerdings stellte sich bei der Durchsicht heraus, dass dennoch Schüler die Mindmap nicht korrekt bearbeiteten, da die Gestaltung einige Schwierigkeiten aufwies. So glaubten einige Schüler, dass sie die Körperteile des Pinguins beschriften und gegebenenfalls deren Funktion erklären sollten, da die Kästchen zum Schreiben mit Pfeilen auf den Pinguin zeigten. Bei dem ersten Kontakt der Schüler mit dieser Methode wäre es daher sinnvoll gewesen, die Pfeile wegzulassen und lediglich die Kästchen darzustellen.

Des Weiteren wurde das Ausfüllen der Pre-Mindmaps durch die Klassen der Oberschule von den jeweiligen Lehrern betreut. Bei der Durchsicht dieser Mindmaps erweckten einige Vorstellungen der Schüler den Anschein, dass diese aus Büchern oder dem Internet abgeschrieben wurden.

## **8. Fazit und didaktische Empfehlungen**

Die vorliegende Masterarbeit „Forschendes Lernen im Zoo zum Thema ‚Pinguine‘“ wird mit einem Fazit und didaktischen Empfehlungen für den Unterricht abgeschlossen. Festzuhalten ist, dass sich ein Zoobesuch in Verbindung mit einem Projekt in der Zooschule empfiehlt. Die Schüler lernen außerschulische Lernorte kennen, die ihnen biologische Phänomene durch Originalerfahrungen verdeutlichen. Sie erleben eine Abwechslung zum Schulalltag und werden zusätzlich motiviert.

Ziel dieser Arbeit war einerseits die quantitative Erhebung des Interesses und des Fachwissens und andererseits die numerische Erhebung sowie die qualitative

Untersuchung der Vorstellungsänderungen der Schüler durch das Zooprojekt. Mit den Ergebnissen der empirischen Erhebungen ließen sich zum Abschluss die beiden Forschungsfragen der quantitativen und der qualitativen Studie beantworten:

*Kann eine Veränderung des Interesses, des Fachwissens und der Anzahl der Vorstellungen durch das Zooprojekt erreicht werden?*

*Verändern sich die Vorstellungen der Schüler (Konzepte, Metaphern, Denkfiguren) durch das Zooprojekt?*

Es zeigte sich, dass sich das Interesse und die Anzahl der Vorstellungen zwar nicht veränderten, das Fachwissen stieg aber signifikant. Darüber hinaus nahm durch das Zooprojekt die Anzahl der Konzepte und der Denkfiguren der Schüler in den Interviews und den Mindmaps zu. Allerdings erhöhte sich die Anzahl der Metaphern nicht.

Bei der Durchführung des Zooprojekts stand das forschend-entwickelnde Lernen im Vordergrund. Es zeigte sich, dass jüngere Schüler in der Lage waren, mit kleinen Hilfen des Lehrers Problemstellungen mittels Experimente zu lösen bzw. Aufgaben zu bearbeiten und selbst Verantwortung für ihren Lernprozess zu übernehmen. Es sollte berücksichtigt werden, dass Schüler an einem Ort außerhalb der Schule oft motivierter sind als in gewohnten, alltäglichen Strukturen. Außerdem kann eine Arbeitsphase von rund drei Stunden keine deutlichen Rückschlüsse auf das Lernverhalten der Schüler zulassen. Dennoch kann resümiert werden, dass Lehrer die Schüler fordern und zum selbstständigen Lernen animieren sollten, um Ihnen Freiräume zu schaffen und Verantwortung zu übertragen.

In Anbetracht der Ergebnisse soll angemerkt werden, dass die Inhalte des Zooprojekts zum Teil für Schüler der fünften Jahrgangsstufe zu schwer waren. Besonders die ausgewählten Experimente stellten sich teilweise als zu schwierig für die Schüler heraus. So fiel es den Schülern nicht leicht, die Ergebnisse auf den Pinguin zu beziehen und die erarbeiteten Inhalte zu verinnerlichen. Demgegenüber stehen die anschaulichen Experimente am Gehege zur Färbung des Pinguins und das Zusatzexperiment. Es fiel auf, dass die Schüler die Inhalte dieser Experimente häufig in den Mindmaps abriefen, obwohl sie keine Vorgaben hatten. Bei der Erstellung eines Zooprojekts sollte somit immer das Alter der Schüler berücksichtigt werden, da zu komplizierte fachliche Inhalte die Schüler überfordern und nicht den gewünschten Lernerfolg bringen.

Im Rahmen dieser Arbeit zeigte sich, dass die Schüler auch fehlerhafte Vorstellungen bzw. fehlerhaftes explizites Wissen hervorbrachten. Beim expliziten Wissen, das schriftlich oder mündlich von den Schülern formuliert wurde, besteht die Möglichkeit, falsches Wissen zu korrigieren. An dieser Stelle sollte der weiterführende Unterricht einsetzen, indem die Inhalte des Zooprojekts aufgegriffen und weiter vertiefend behandelt werden.

Der Zoobesuch und das Arbeiten in der Zooschule können entweder in eine Unterrichtseinheit eingebunden oder zusätzlich zum eigentlichen Unterricht geplant

werden. Das durchgeführte Zooprojekt wurde nicht in eine Unterrichtseinheit eingebunden, da es sich aus thematischer Sicht zum Zeitpunkt der Durchführung nicht in den Lehrplan der ausgewählten Klassen eingliedern ließ. Aus diesem Grund wurde in Absprache mit der Zoopädagogin die Entscheidung getroffen, das Zooprojekt als Zusatz anzubieten. Im Nachhinein zeigte sich allerdings, dass es in diesem Fall vorteilhafter gewesen wäre, wenn dieses Zooprojekt in eine Unterrichtseinheit integriert worden wäre. Dies ist grundsätzlich sinnvoll, da die Schüler in das Thema eingeführt werden und nach dem Zooprojekt eine Festigung der Inhalte stattfindet.

Da die Zeit in der Zooschule mit drei Stunden begrenzt war, konnte keine ausführliche Ergebnissicherung stattfinden und das Wissen der Schüler somit nicht gefestigt werden. Sowohl bei der quantitativen als auch bei der qualitativen Studie kann dies als Ursache dafür angenommen werden, dass Schüler ihr fachliches Wissen oft nur undifferenziert und unpräzise wiedergeben konnten. Das Thema „Pinguine“ bzw. „Anpassung an Wärme und Kälte“ könnte in eine Unterrichtseinheit, die sich mit Tieren im Winter beschäftigt, eingeordnet werden. Während in den ersten Stunden einer solchen Unterrichtseinheit Begriffe, wie *Winterschlaf*, *Winterstarre* und *Winterruhe*, bearbeitet werden, könnte sich daran ein Thema, wie „Anpassung an Wärme und Kälte“ anschließen, wobei es um die Erhaltung oder die Abgabe von Körperwärme ginge.

Das Zooprojekt lässt sich deduktiv oder induktiv einsetzen, d.h. bei der deduktiven Vorgehensweise würde zunächst das allgemeine Thema „Anpassung an Wärme und Kälte“ von Tieren in der Schule eingeführt werden und das Zooprojekt würde zur Bearbeitung eines speziellen Tieres eingesetzt werden. Der induktive Weg verläuft entgegengesetzt, vom Speziellen zum Allgemeinen. Für die empirischen Erhebungen wäre der induktive Verlauf sinnvoll gewesen, um die Vorstellungen der Schüler vorher nicht zu beeinflussen.

Durch das Zooprojekt wurde deutlich, wie wichtig es ist, dass eine Festigung der Thematik nach der Bearbeitung von Aufgaben erfolgt. Vor allem für Schüler der jüngeren Klassenstufen ist es schwierig, Sachverhalte zu verstehen, wenn am Ende einer Arbeitsphase die Aufgaben nur besprochen werden, aber die korrekten Lösungen nicht notiert werden.

Für den Unterricht ist es von Bedeutung, dass die Komponenten Interesse und Fachwissen mit einbezogen werden. So kann das Interesse ausschlaggebend für den Lernprozess der Schüler sein. Natürlich können im Unterricht nicht immer Themen behandelt werden, die Schüler interessant finden, trotzdem sollte versucht werden, die Unterrichtsgegenstände so zu gestalten, dass sie gezielt die Aufmerksamkeit von desinteressierten Schülern erwecken. Beim Fachwissen spielt vor allem die Art der Wissensvermittlung eine große Rolle. Die Inhalte des Unterrichts dürfen nicht nur frontal vermittelt werden, sondern müssen Schüler in ihren Lernprozess einbeziehen. Dies ist überwiegend durch Aufgabenstellungen möglich, die das selbstständige Arbeiten der Schüler berücksichtigen, wie eben bei den Arbeitsaufträgen am Gehege.

Aus didaktischer Sicht ist die Erhebung von Vorstellungen erforderlich, denn für den Lehrer ist es wichtig, bei der Gestaltung von Unterricht sowohl fachwissenschaftliche

Theorien als auch das Vorwissen der Schüler zu berücksichtigen. Auch wenn das Vorwissen nicht immer fachlich korrekt ist, sollte es bei der Vermittlung von Fachwissen einbezogen werden, damit es bei den Schülern zu Veränderungen ihrer alten Vorstellungen im Sinne eines Conceptual Change kommen kann. Denn erst wenn Schüler selbst unzufrieden mit ihren bisherigen Vorstellungen sind und die fachlichen Vorstellungen für sie verständlich und plausibel erscheinen, können diese fruchtbar sein.

Ebenso ist die Binnendifferenzierung in der Schule von großer Bedeutung. Im Zooprojekt wurde dies durch die Hilfskarten bei den Experimenten in der Zooschule berücksichtigt. Schüler, die keine Idee für die Fragestellung, die Auswertung oder die Schlussfolgerung hatten, konnten sich auf Nachfrage dieser Hilfskarten bedienen. Auf diesen fanden sie Vorschläge für mögliche Fragen oder Hilfen für die Auswertung und die Schlussfolgerung in Form von z. B. Lückentexten (vgl. Anhang A2a).

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass das forschend-entwickelnde Lernen in Form eines Zooprojekts an einem außerschulischen Lernort, wie dem „Zoo am Meer“, das Wissen und die Vorstellungen von Schülern positiv beeinflussen kann. Allerdings sollte der Zoo als außerschulischer Lernort immer in Verbindung mit der Zooschule aufgesucht werden. Den Schülern können so gezielt bestimmte Sachverhalte vermittelt werden, die in der direkten Tierbegegnung und -beobachtung oder in Form von Experimenten bearbeitet werden.

Ein Zoobesuch sollte heutzutage nicht mehr nur als Ausflugsort genutzt werden, sondern kann in den Unterricht integriert werden und Lernverhalten der Schüler positiv beeinflussen.

## 9. Literaturverzeichnis

- ALTRICHTER, Herbert/ Posch, Peter (2007): Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. 4. Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- BERTSCH, Christian (2008): Forschend-begründendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Wege zu einer naturwissenschaftlichen Grundausbildung am Übergang Primar/Sekundarstufe am Beispiel von Unterrichtsmaterialien zum Thema Fotosynthese. Innsbruck.
- BORTZ, Jürgen/ Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- BUZAN, Tony/ Buzan, Barry (2002): Das Mind-Map-Buch. 5. Auflage. Landsberg-München: mvg im Verlag moderne Industrie.
- CLAUSS, Wolfgang / Clauss, Cornelia (2007): *Tierphysiologie kompakt*. 1. Auflage. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.
- CULIK, Boris (2006): „Humboldtpinguine am Rande der Atacamawüste“. In: Hempel, Gotthilf/ Hempel, Irmtraud/ Schiel, Sigrid (Hrsg.): *Faszination Meeresforschung : Ein ökologisches Leselehrbuch*. Bremen: Verlag H.M. Hauschild.
- DAVIS, Lloyd S./ Darby, John T. (Hrsg.) (1990): *Penguin Biology*. San Diego (u.a.): Academic Press.
- ECKERT, Roger et al. (2002): *Tierphysiologie*. 4. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- GANSLOßER, Udo (2002): Zoopädagogik im 21. Jahrhundert – mehr als Schulklassen und Kindergruppen. In: Gansloßer, Udo (Hrsg.) (2002): *Zoopädagogik*. Fürth: Filander Verlag, 5-6.
- GILPIN, Daniel (o. J.): *Pinguine : Lebensraum – Nahrung – Verhalten*. Köln (u.a.): Parragon Books.
- GROPENGIEßER, Harald/ Kattmann, Ulrich (2006): *Fachdidaktik Biologie*. 7. Auflage. Köln: Aulis Verlag.
- GROPENGIEßER, Harald (2006): Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten – Denkwelten – Sprechwelten. 2. Auflage. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- GROPENGIEßER, Harald (2007): „Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens“. In: Krüger, Dirk/ Vogt, Helmut (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen*

*Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden.* Berlin: Springer Verlag, 105-116.

- GROß, Jorge (2007): *Biologie verstehen : Wirkungen außerschulischer Lernangebote.* 1. Auflage. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- HAMMANN, Markus/ Phan, Titan Hoi/ Bayrhuber, Horst (2007): Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In: Prenzel, Manfred/ Gogolin, Ingrid/ Krüger, Heinz-Hermann (Hrsg.): *Kompetenzdiagnostik.* Heft 8, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 33-49.
- HARTINGER, Andreas/ Fölling-Albers, Maria (2002): *Schüler motivieren und interessieren : Ergebnisse aus der Forschung/ Anregung für die Praxis.* Bad Beilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- KAST, Verena (2001): *Vom Interesse und dem Sinn der Langeweile.* Düsseldorf, Zürich: Patmos Verlag GmbH & Co. KG.
- KIRCKHOFF, Mogens (1992): *Mindmapping : Einführung in eine kreative Arbeitsmethode.* 7. Auflage. Bremen: PLS Verlag.
- KRAPP, Andreas (1992): „Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung“. IN: Krapp, Andreas/ Prenzel, Manfred (Hrsg.): *Interesse, Lernen, Leistung – Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung.* Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung GmbH & Co..
- KRÜGER, Dirk (2007): „Die Conceptual Change-Theorie“. In: Krüger, Dirk/ Vogt, Helmut (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden.* Berlin: Springer Verlag, S. 81-92.
- KÜSTERS, Ivonne (2006): *Narrative Interviews : Grundlagen und Anwendungen.* 1. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- MAYRING; Philipp (2002): *Einführung in die Qualitative Sozialforschung : Eine Anleitung zu qualitativem Denken.* 5. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- MAYRING, Philipp (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse : Grundlagen und Techniken.* 8. Auflage. Weinheim: Beltz Verlag.
- MESSNER, Rudolf (2009): *Schule forscht/ Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen.* Hamburg: edition Körber-Stiftung.
- MÜLLER-SCHWARZE, Dietland / Müller-Schwarze, Christine (1977): *Pinguine.* 2. Auflage. Wittenberg: A. Ziemsen Verlag.
- PENZLIN, Heinz (2005): *Lehrbuch der Tierphysiologie.* 7. Auflage. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.

- REINFRIED, Sibylle (Hrsg.) (2010): Schülervorstellungen und geographisches Lernen : Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion. Berlin: Logos Verlag.
- SAUERBORN, Petra/ Brühne, Thomas (2010): *Didaktik des außerschulischen Lernens*. 3. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- SCHELTEN, Andreas (2000): Implizites Wissen. Stuttgart. URL: <http://www.lrz.de/~scheltenpublikationen/pdf/bukschelten2002iw.pdf> (Stand: 08.06.2011).
- SCHMIDKUNZ, Heinz/ Lindemann, Helmut (2003): Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren/ Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft.
- SCHMIDT-NIELSEN, Knut (1999): Physiologie der Tiere. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- SCHREIBER, Silke (2005): Warum es Eisbären, aber keine Eismäuse gibt. In: Unterricht Biologie. 29. Jahrgang, Heft 307-308, S.28-31.
- SENATOR FÜR BILDUNG UND WISSENSCHAFT (SfBW) (Hrsg.) (2006): *Naturwissenschaften Biologie – Chemie – Physik : Bildungsplan für das Gymnasium Jahrgangsstufe 5-10*. Bremen. URL: [http://www.lis.bremen.de/sixcms/media.php/13/06-12-06\\_nat\\_gy.pdf](http://www.lis.bremen.de/sixcms/media.php/13/06-12-06_nat_gy.pdf) (Stand: 24.5.2011).
- STRAKA, Gerald A./ Macke, Gerd (2005): Lern-Lehr-Theoretische Didaktik. 3. Auflage. Münster: Waxmann Verlag.
- VOGT, Helmut (2007): „Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses“. In: Krüger, Dirk/ Vogt, Helmut (Hrsg.): *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin: Springer Verlag, S. 9-20.
- WEITZEL, Holger (2006): *Biologie verstehen : Vorstellungen zu Anpassung*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- WILLIAMS, Tony D. (1995): *The Penguins: Spheniscidae*. Oxford (u.a.): Oxford University Press.
- VERBAND DEUTSCHSPRACHIGER ZOOLOGEN (VZP) (o. J.): Philosophie und Verfahrensweisen der Zoopädagogik. Köln. URL: <http://www.vzp.de/Philo.html> (Stand: 18.06.2011).
- VERBAND DEUTSCHSPRACHIGER ZOOLOGEN (VZP) (o. J.): Der Zoo als Bildungseinrichtung. Köln. URL: <http://www.vzp.de/berufsbild.html> (Stand: 18.06.2011).
- ZEPPER, Matthias (2008 a): Galápagospinguin. Bonn. URL: <http://www.pinguine.net/pinguinarten/galapagospinguin> (Stand: 31.05.2011).

- ZEPPEr, Matthias (2008 b): Humboldtpinguin. Bonn. URL: <http://www.pinguine.net/pinguinarten/humboldtpinguin> (Stand: 31.05.2011).
- ZEPPEr, Matthias (2008 c): Körperliche Anpassungen. Bonn. URL: <http://www.pinguine.net/pinguinlexikon/thermoregulation/kaelteschutz/koerperlicheanpassungen> (Stand: 31.05.2011).
- ZIMMERMANN, Matthias (o. J.): *Kaiserpinguin*. o. O.. URL: <http://www.naturlexikon.com/Texte/MZ/001/00040-kaiserpinguin/MZ00040-kaiserpinguin.html> (Stand: 25.05.2011).
- ZOO AM MEER Bremerhaven (ZaMB) (2011): Das Zoobuch : Tierporträts und spannende Einblicke. Bremerhaven.

## **10. Anhang**

A1 Zeitlicher Ablaufplan

A2 Forscherheft

    A2a Hilfskarten

    A2b Tabellarische Darstellung des Zooprojekts und Lernziele der Projektphasen

A3 Fotos

A4 Fragebögen

A5 Ergebnisse der Fragebögen

A6 Aufbau der Mind Map

A7 Ergebnisse der Mindmaps (quantitativ)

A8 Ergebnisse der Mindmaps (qualitativ)

    A8a Kategorienzuordnung der Vorstellungen aus den Mindmaps (Pre-Mindmap)

    A8b Kategorienzuordnung der Vorstellungen aus den Mindmaps (Post-Mindmap)

A9 Transkriptionsregeln

    A9a Einstiegsfragen

    A9b Bildimpulse

A10 Transkripte der Interviews

A11 Kategorienbeschreibungen

A12 Redigierte Aussagen

A13 Zuordnung der redigierten Aussagen zu den Kategorien